

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 7月18日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-209658

[ST.10/C]:

[JP2002-209658]

出 願 人

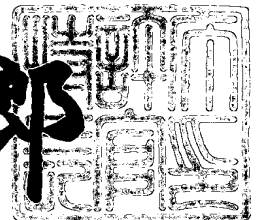
Applicant(s):

コニカ株式会社

2003年 4月22日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2003-3029594

【書類名】 特許願

【整理番号】 DTM00885

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 27/14

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都八王子市石川町 2 9 7 0 番地 コニカ株式会社内

 【氏名】 細江 秀

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都八王子市石川町 2 9 7 0 番地 コニカ株式会社内

 【氏名】 名古屋 浩

【発明者】

 【住所又は居所】 山梨県東八代郡御坂町二之宮 9 2 0 番地 株式会社コニ
カオプトプロダクト内

 【氏名】 馬場 信行

【特許出願人】

 【識別番号】 000001270

 【氏名又は名称】 コニカ株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100107272

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 田村 敬二郎

【選任した代理人】

 【識別番号】 100109140

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 小林 研一

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 052526

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0101340

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 搬送装置、搬送システム及び搬送方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 重力方向上方から下方へと貫通する孔を有する保持手段と、前記孔内に流体を供給する供給手段と、を有し、

前記孔の上方から投入された搬送物は、前記供給手段から供給された流体により重力に抗して保持されると共に、前記保持手段による保持を中止したときは、前記孔の下方から外方へと離脱するようになっていることを特徴とする搬送装置

。 【請求項 2】 前記孔の上部は、開口端に向かうに連れ拡径したテーパ部を有することを特徴とする請求項 1 に記載の搬送装置。

【請求項 3】 前記テーパ部のテーパ角は、0 度を超え 9 0 度以下であることを特徴とする請求項 2 に記載の搬送装置。

【請求項 4】 前記テーパ部の高さが、搬送物の高さの 0. 2 倍以上 2 倍以下であることを特徴とする請求項 2 又は 3 に記載の搬送装置。

【請求項 5】 前記テーパ部の開口端には、前記テーパ部のテーパ角より大きなテーパ角の端部テーパ部を形成したことを特徴とする請求項 2 乃至 4 のいずれかに記載の搬送装置。

【請求項 6】 前記供給手段は、前記孔の内周面から前記流体を供給することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の搬送装置。

【請求項 7】 前記孔の内周面の少なくとも一部に、多孔質材料が配置されていることを特徴とする請求項 6 に記載の搬送装置。

【請求項 8】 前記多孔質材料の開気孔率は 1 % 以上 3 0 % 以下であることを特徴とする請求項 7 に記載の搬送装置。

【請求項 9】 前記多孔質材料はグラファイトであることを特徴とする請求項 7 又は 8 に記載の搬送装置。

【請求項 1 0】 前記孔における前記流体の供給部より下方側に、前記孔の少なくとも一部を遮蔽する遮蔽位置と、前記孔を開放する開放位置との間で変位可能なシャッタ部材を設けたことを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載

の搬送装置。

【請求項 1 1】 前記供給手段より供給される前記流体の供給圧力及び／又は流量を変更可能となっていることを特徴とする請求項 1 乃至 1 0 のいずれかに記載の搬送装置。

【請求項 1 2】 前記供給手段より供給される前記流体の温度を室温より上昇させる加熱手段を有することを特徴とする請求項 1 乃至 1 1 のいずれかに記載の搬送装置。

【請求項 1 3】 前記搬送装置により搬送される搬送物は、加熱され熔融状態で搬送されることを特徴とする請求項 1 乃至 1 2 のいずれかに記載の搬送装置。

【請求項 1 4】 前記搬送物は、真球度がその平均半径 R の $1/2$ 以下であることを特徴とする請求項 1 乃至 1 3 のいずれかに記載の搬送装置。

【請求項 1 5】 前記搬送物は、ガラスであることを特徴とする請求項 1 乃至 1 4 のいずれかに記載の搬送装置。

【請求項 1 6】 前記搬送物は、プラスチックであることを特徴とする請求項 1 乃至 1 5 のいずれかに記載の搬送装置。

【請求項 1 7】 前記供給手段により供給される流体は、窒素濃度が 60 mol % 以上の気体であることを特徴とする請求項 1 乃至 1 6 のいずれかに記載の搬送装置。

【請求項 1 8】 請求項 1 乃至 1 7 のいずれかに記載の搬送装置を備えたことを特徴とする搬送システム。

【請求項 1 9】 複数の前記搬送装置を、各孔が直列に並ぶように配置したことを特徴とする請求項 1 8 に記載の搬送システム。

【請求項 2 0】 各搬送装置は、前記孔に投入された搬送物が、前記孔から離脱するまでにその温度を上昇させる加熱手段を有することを特徴とする請求項 1 9 に記載の搬送システム。

【請求項 2 1】 複数の前記搬送装置を、各孔が並列に並ぶように配置したことを特徴とする請求項 1 8 に記載の搬送システム。

【請求項 2 2】 各搬送装置の前記供給手段から供給される流体を異ならせ

ることを特徴とする請求項 1 8 乃至 2 1 のいずれかに記載の搬送システム。

【請求項 2 3】 重力方向上方から下方へと貫通する孔の上方より、搬送物を投入するステップと、

前記孔内に流体を供給することによって、前記搬送物を重力に抗して保持するステップと、

前記流体の流れ状態を変化させることで、前記搬送物の保持を中断し、前記孔の下方から離脱させるステップとを有することを特徴とする搬送方法。

【請求項 2 4】 前記搬送物に供給される流体の圧力及び／又は流量を変化させることで、前記流れ状態を変化させることを特徴とする請求項 2 3 に記載の搬送方法。

【請求項 2 5】 前記孔の少なくとも一部を遮蔽することで、前記流れ状態を変化させることを特徴とする請求項 2 3 に記載の搬送方法。

【請求項 2 6】 前記流体を加熱するステップを有することを特徴とする請求項 2 3 乃至 2 5 のいずれかに記載の搬送方法。

【請求項 2 7】 前記搬送物は、加熱され熔融状態で搬送されることを特徴とする請求項 2 3 乃至 2 6 のいずれかに記載の搬送方法。

【請求項 2 8】 前記搬送物は、真球度がその平均半径 R の $1/2$ 以下であることを特徴とする請求項 2 3 乃至 2 7 のいずれかに記載の搬送方法。

【請求項 2 9】 前記搬送物は、ガラスであることを特徴とする請求項 2 3 乃至 2 8 のいずれかに記載の搬送方法。

【請求項 3 0】 前記搬送物は、プラスチックであることを特徴とする請求項 2 3 乃至 2 9 のいずれかに記載の搬送方法。

【請求項 3 1】 前記孔内に供給される流体は、窒素濃度が 6 0 m o l % 以上の気体であることを特徴とする請求項 2 3 乃至 3 0 のいずれかに記載の搬送方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば成形用素材のごとく、特に非接触状態で搬送すべき搬送物の

の搬送に適した搬送装置、搬送システムおよび搬送方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

成形用素材、特にレンズ等を成形するための光学素子用素材を搬送する搬送技術としては、搬送アームに備えられたテフロンや耐熱性ゴムなどからなる吸着パッドを用いて、光学素子用素材を接触吸着し、成形型まで搬送するものが知られている。かかる光学素子用素材は、成形型まわりに配置された赤外線ランプ等の加熱手段で加熱軟化される。成形後においては、成形された光学素子を吸着パッドで吸引し、回収するようになっている。

【0003】

ここで、光学素子用素材を搬送しながら加熱軟化すれば、成形時間をより短縮できるが、溶融した光学素子用素材を搬送しなくてはならないため、上述した接触吸着式では、搬送が困難という問題がある。また、溶融した光学素子用素材をヒータを内蔵した搬送部材に載置して搬送する方式の場合は、搬送部材と光学素子用素材との融着防止が必要であり、又、加熱ムラが生じやすいといった問題がある。これに対し、光学素子用素材を非接触で搬送可能な技術が、例えば特開平 8-133758 号に開示されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

かかる引例に開示された技術によれば、漏斗状の支持装置の底部から高速で噴き出す熱風により光学素子用素材を浮遊状態で保持することができるが、かかる素材を成形型に投入する態様が問題となる。かかる引例の構成を図 12, 13 に示すが、引例の支持装置は、分割可能な支持部 317a、317b；319a、319b で光学素子用素材 1 を支持しており、成形型の真上で支持部 317a、317b；319a、319b を割り、点 318a、318b 周りに回転させることで、浮遊状態で保持していた光学素子用素材 1 を、下方に落下させて成形型等に投入することができるようになっている。しかるに、かかる構成では、支持部 317a、317b；319a、319b を分割して回転させる構成が必要となり、装置の大型化を招くと共に、成形装置内に回転を可能とする空間が必要と

なるので、成形装置の大型化を招く恐れもある。又、分割する時の回転速度がそれぞれ微妙に異なると、光学素子用素材に偏った力が一瞬加わり鉛直に落下せず、定位置への配置精度が低くなることがあった。

【 0 0 0 5 】

本発明は、このような従来技術の問題に鑑みてなされたものであり、簡素な構造を有し、例えば加熱溶融した搬送物を非接触状態で保持しながら搬送できる搬送装置、搬送システム及び搬送方法を提供することを目的とする。

【 0 0 0 6 】

【課題を解決するための手段】

請求項 1 に記載の搬送装置は、重力方向上方から下方へと貫通する孔を有する保持手段と、前記孔内に流体を供給する供給手段と、を有し、前記孔の上方から投入された搬送物は、前記供給手段から供給された流体により重力に抗して保持されると共に、前記保持手段による保持を中止したときは、前記孔の下方から外方へと離脱するようになっているので、前記保持手段によって、供給された前記流体により、例えば加熱溶融された光学素子成形用素材を、重力に抗して非接触状態で保持することができ、しかも保持を中断することで、前記孔の下方から前記搬送物を離脱させることができるため、簡素且つコンパクトな構成でありながら、狭い成形装置内へも搬送物を搬送でき、かつ広い空間を必要とすることなく、成型型に搬送物を容易に投入できる。特に、前記流体が一旦前記孔内に供給された後、搬送物に向かって流れるため、例えばノズルなどを用いて搬送物に直接流体を吹き付ける場合のように、搬送物に局所的に流体圧力を加えることがないことから、加熱溶融した光学素子成形用素材のごとき表面が柔らかい搬送物を保持する場合にも、搬送中における搬送物の変形を極力抑制することができる。従って、搬送物は、固体に限らず粘度の高い流体やゲル状であっても良い。

【 0 0 0 7 】

請求項 2 に記載の搬送装置は、前記孔の上部は、開口端に向かうに連れ拡張したテーパ部を有するので、前記孔に供給された流体が、かかる搬送物を大きく囲むように流れるため、その浮上の安定性を高め、搬送物を前記孔の中心線上に維持することで、不用意な接触を避けることができる。又、搬送物が前記孔の上部

において浮上保持されている際に、前記搬送装置の移動などに起因して、搬送物が前記孔の中心線上からずれたような場合にも、搬送物を成形型に投入する前に、前記テーパ部が前記孔中心へ搬送物を案内する働きがあり、より精度の高い投入を可能とする。更に、搬送物を浮上させる流体の流速が、前記テーパ部の上方に向かうにつれて遅くなるため、前記テーパ部の上部ほど搬送物の浮上力が弱くなる傾向がある。従って、搬送物をこのテーパ部の所定位置に安定して保持することができ、流体の圧力が変動しても、搬送物の上下動が少なくなり、望まぬ飛び出しや落下などを抑制できる。特に、前記孔が絞り部（後述する実施の形態ではストレート部）から前記テーパ部が変わる部分では、搬送物が細い絞り部に蓋をすることになるので、前記孔の壁面と搬送物とのわずかな隙間から流体が高速に吹き出すこととなり、供給圧力が比較的大きく変化しても、搬送物を所定の位置に保持し続ける機能を高められる。加えて、搬送物が流体の流れにより適度に回転したりテーパ部のテーパ面に沿って揺動振動したりするので、外表面全体に流体が触れて均一な状態で浮上保持できる。

【 0 0 0 8 】

請求項 3 に記載の搬送装置は、前記テーパ部のテーパ角は、0 度を超え 9 0 度以下であると好ましい。本発明者らの研究結果によれば、前記流体によって搬送物を浮上保持した場合、前記テーパ部に沿って回転や揺動・振動する際に、前記テーパ角が 9 0 度以上であると、搬送物に働く遠心力により、前記テーパ部から搬送物が飛び出してしまう恐れがあることが判明したからである。このような搬送物の飛び出しは、前記テーパ角を鋭角にすることで効果的に抑制できるが、更に前記テーパ角を 1 0 度以上かつ 4 0 度以下とすると、飛び出し抑制効果がより高まると共に、上述した定位置保持性も高まる。

【 0 0 0 9 】

請求項 4 に記載の搬送装置は、前記テーパ部の高さが、搬送物の高さの 0. 2 倍以上 2 倍以下であると好ましい。搬送物を安定して浮上保持するには、前記流体の流速が急激に低下する前記孔の絞り部から前記テーパ部にかけた高さ位置で保持すればよく、従って前記テーパ部はあまり長くする必要はない。前記搬送装置の全高を抑えて小型化を図るためには、前記テーパ部の高さを短く切り詰める

ことが実用上は望ましいが、あまり短く切り詰めると、搬送物が前記テーパ部で保持できず飛び出してしまい、確実な搬送保持ができなくなる恐れが生じる。本発明者らの研究結果によれば、前記テーパ部の高さを、搬送物の高さ（搬送物が略球状ならその平均直径）の 0.2 倍以上 2 倍以下（より好ましくは 0.5 倍～ 1.3 倍程度）とすることで、搬送物の飛び出しを効果的に防ぎながらも全高の低いコンパクトな搬送装置を実現できる。

【 0 0 1 0 】

請求項 5 に記載の搬送装置は、前記テーパ部の開口端には、前記テーパ部のテーパ角より大きなテーパ角の端部テーパ部を形成すると好ましい。搬送物を安定して浮上保持するには、前記テーパ部のテーパ角を鋭角とすることがよいことは上述したとおりであるが、さらに上方からの搬送物の供給を確実にするために、前記テーパ部の開放端に、より大きなテーパ角の端部テーパ部を設けると良いからである。前記端部テーパ部のテーパ角は、30 度以上 120 度以下が望ましい。尚、前記端部テーパ部の高さは、搬送物の形状をほぼ同体積の略球形状とみなしたときの平均直径の 0 よりも大きく 0.5 倍以下であれば良い。より好ましくは、その 0.2 倍から 0.4 倍程度であると尚良い。

【 0 0 1 1 】

請求項 6 に記載の搬送装置は、前記供給手段は、前記孔の内周面から前記流体を供給すると、搬送物に供給される流体の圧力分布を均一化できるので好ましい。

【 0 0 1 2 】

請求項 7 に記載の搬送装置は、前記孔の内周面の少なくとも一部に、多孔質材料が配置されていると、搬送物に供給される流体の圧力分布をより均一化できるので好ましい。

【 0 0 1 3 】

請求項 8 に記載の搬送装置は、前記多孔質材料の開気孔率は 1 % 以上 30 % 以下（より好ましくは 3 % 以上 20 % 以下）であると、搬送物に供給される流体の圧力分布を均一化できるので好ましい。本発明者らの研究結果によれば、前記多孔質材料を用いた場合、その開気孔率によって効果に差が生じることがわかった。

。開気孔率とは、材料表面に見える孔の面積を視野面積で割った、見かけの気孔率をいう。開気孔率が30%より大きいと、孔が大きいため壁面から均一に流体が吐出する状態とならず、壁面のところどころから強く流体が吐出して搬送物を振り回し、場合によっては搬送物を貫通孔の外へ吹きとばして、安定した浮上保持が出来ず、浮上保持の信頼性が低くなることが分かっている。又、流体の吐出量が顕著に増大するので、流体の使用コストが高くなるというデメリットがある。更に、流体の流量や圧力により、搬送物の挙動が大きく変化するので、その設定を精密にしなければならず、取り扱いが難しくなる。一方、開気孔率が1%以下では、吐出流量が極端に小さくなるので、例えば工場エアなど通常容易に用いることができる供給圧力である10気圧以下で搬送物を浮上させることが、ほとんど不可能になるため、同様に取り扱いにくいというデメリットが生じる。特に、より好ましい範囲である開気孔率が3%～20%の範囲においては、流体の供給圧力と吐出流量が非常によい直線性を示し、流体の吐出量をその供給圧力の調整によって精度良く制御できることがわかった。従って、より好ましい範囲においては、高価な流量調整計を用いることなく、極めて安価に市販されている圧力レギュレーターによって吐出流量を安定して調整できるという利点がある。

【 0 0 1 4 】

請求項9に記載の搬送装置は、前記多孔質材料はセラミック等でも良いが、グラファイトであると好ましい。グラファイトはカーボンであり、一般的に耐熱性が高い。しかも、溶融したガラスなどに濡れにくく反応しにくいため、グラファイトで前記孔の壁面を形成すれば、溶融したガラスなどが触れた際にも濡れることなく付着しないため、搬送物が詰まるなどの不具合を抑制できる。従って、加熱浮上搬送の信頼性をさらに高めることができる。また、熱伝導度も鉄の約2倍と優れているため、温度分布が均一になりやすく、その内部を通過する流体の温度を均一に維持できるため、搬送物の表面から流体を熱媒体として供給することで、均一にかつ高精度に加熱や冷却などの温度制御を行うことができる。更に、グラファイトは加工が極めて容易であり、セラミックなどと異なり汎用の工作機械で高速に形状加工ができるため、安価に製造できる。しかも、線膨張係数が鉄の約1/2と小さいため、高温下などでの寸法も大きく変化しないという利点が

ある。

【 0 0 1 5 】

請求項 1 0 に記載の搬送装置は、前記孔における前記流体の供給部より下方側に、前記孔の少なくとも一部を遮蔽する遮蔽位置と、前記孔を開放する開放位置との間で変位可能なシャッタ部材を設けると好ましい。本発明者らの研究結果によれば、重力方向に貫通している前記孔の下方を、前記遮蔽位置に変位させた前記シャッタ部材により塞ぐことで流体の逃げを阻止し、前記孔に供給された流体を全て、上方の前記搬送物に向かって流すことで、搬送物を同じ位置に浮上保持するのに必要な供給流体の流量は、約 $1/3$ になることが分かった。従って、前記シャッタ部材を設けることで、流体の使用コストを大幅に低減できる。更に、前記シャッタ部材を前記遮蔽位置に変位させることによって、前記シャッタ部材を設けない場合に比べ、約 $1/3$ の流体流量で搬送物を浮上保持することができるので、例えば前記シャッタ部材を前記開放位置に変位させると、重力に抗して搬送物を浮上させる力が不足するようになり、搬送物を前記孔を通して離脱（落下ともいう）するようになる。つまり、前記シャッタ部材の開閉という機械動作によって、前記孔に供給される流体の流量を一定のまま、搬送物を非接触浮上させるか、落下させるかの選択動作を行えることとなる。更に、前記シャッタ部材の開放時、搬送物が前記孔を通して落下している間も、流体は供給され続けているので、搬送物が前記孔の壁面に触れることを抑制でき、非接触の落下を確保できる。更に、流体の流量や圧力の切り替え機構が不要となり、流体の供給に関しては、ON（使うとき）／OFF（使わないとき）動作だけにすることができるので、流体配管系を極めてシンプルにできる。結果的に、流体配管系の高信頼性と低コスト化、高メンテナンス性を実現できる。

【 0 0 1 6 】

請求項 1 1 に記載の搬送装置は、前記供給手段より供給される前記流体の供給圧力及び／又は流量を変更可能となっていると、本発明者らの研究結果によれば、供給する流体の流量や圧力によって、搬送物の非接触浮上を維持できる条件と、落下させることができる条件があることが分かった。その条件を積極的に利用すれば、開閉自在なシャッタ部材等を設けなくても、流体の流量や圧力を切り替

えることで、搬送物の浮上保持と定位置落下動作を行うことができる。しかも、かかる条件範囲は比較的広いので、安定した再現性の高い動作を確保できる。又、機械部品や機械動作が一切無い信頼性に優れた搬送装置を提供できる。尚、流体の流量・圧力の変更と、シャッタ部材の開閉とを併用して良いことは言うまでもない。

【 0 0 1 7 】

請求項 1 2 に記載の搬送装置は、前記供給手段より供給される前記流体の温度を室温より上昇させる加熱手段を有すると、前記流体により搬送物を加熱できるので、例えばその加熱溶融状態を維持することなどができ好ましい。すなわち、流体を加熱することで、かかる流体により保持される搬送物を適宜加熱することができる。しかも非接触の保持であるから、流体によってのみ搬送物は、その外表面から加熱されるため均一な加熱が可能となる。例えば、ノズル等から加熱した流体を搬送物に向かって吐出するのでは、流体があたる外表面の一部のみが加熱され、温度分布が不均一になる。また加熱固体を搬送物に接触させる加熱手法では、接触した部分のみが加熱が促進され、同様に均一な加熱は望めない。すなわち、従来技術にあるように、加熱固体に搬送物を接触させることで加熱する手法では、接触部は効率よく加熱されるが、他の部分は、主にそこからの熱伝導により加熱されるので、例えばガラスなどのように熱伝導性が悪い搬送物では、大きな温度勾配ができて均一な加熱が出来ないという問題がある。本発明の非常に重要な点は、流体を加熱することで搬送物を、その外表面から均一に加熱することができるため、流体の温度を高精度に制御することで、所望の温度に搬送物の温度を設定できることにある。このように、本発明では、流体を熱媒体に用いるため、直接的な加熱は流体に対して行われ、流体は搬送物に至るまでに攪拌され温度が均一となり、更に搬送物を包むように流れることによって、流体の当たる搬送物の外表面を均一に加熱し、しかも、その流体が、搬送物をランダムに回転させ、且つ揺動・振動させるため、搬送物の全表面が均一に加熱されることとなり、高精度にその温度を制御することができる。従来の接触加熱では、ガラスなどの搬送物では、加熱されることで軟化して粘度が低下するため、自重により流動して外形状が変形したり、接触部に濡れて反応し付着したりするという不具合

が、頻繁に生じていた。本発明の搬送装置は、加熱流体を用いて、何ら固体に触れることなく非接触に搬送物を均一加熱できるので、例えばガラスのような搬送物が軟化しても、その外形状を保持しながらも、高精度に搬送物の温度を制御し続けられるという、極めて画期的な作用効果を奏するものである。

【 0 0 1 8 】

請求項 1 3 に記載の搬送装置は、前記搬送装置により搬送される搬送物は、加熱され熔融状態で搬送されると、例えば光学素子用の素材等を搬送できるので好ましい。加熱軟化した搬送物は、特に表面が柔らかくなっているため、大きな力がかかると容易に変形してしまう。従って、ノズル等から加熱流体を吐出して加熱する場合は、一般的には流体の吐出力が大きくなるので、流体が当たる部分に変形し凹部が発生して、搬送物の外形状を崩してしまう。これに対し、本発明では、搬送物の下面全体に流体を当てることで、低い面圧で搬送物を保持できるので、そのような不具合を回避できる。更に搬送物は、熔融状態では高温で化学的活性度が高く粘度が低い場合が多いため、接触したものに濡れて反応付着しやすい傾向がある。しかるに本発明では、そのような搬送物であっても、非接触浮上状態で保持できるので、そのような不具合を回避できる。

【 0 0 1 9 】

請求項 1 4 に記載の搬送装置は、前記搬送物は、その同一体積の球形状の半径を R とした時に、真球度が $R/2$ 以下であると、前記保持手段が保持しやすいため好ましい。尚、搬送物と同一体積の球形状を考えた時、その半径 R を平均半径、直径 $2R$ を平均直径と、本明細書中で呼ぶものとする。本発明の搬送装置は、比較的流速の遅い流体により、搬送物を非接触浮上保持するものであるため、特に搬送物の形状にこだわらないが、一般的には搬送物が球に近いほど安定して保持できるといえる。

【 0 0 2 0 】

請求項 1 5 に記載の搬送装置は、前記搬送物は、ガラスであると好ましい。ガラスは、通常、光学素子の素材として優れた特性を有するが、機械加工等では研削研磨など手間がかかるため、熱間加工である程度の形状を整えるのが一般的である。かかる場合、予め加熱軟化させることが必要であるが、外形状が大きく変

形すると、所望の形状を得られないことが多い。本発明では、熔融した搬送物の外形状を崩さずに非接触保持を達成でき、且つ定位置への搬送及び落下投入を実現できるため、ガラスの搬送に好適である。更に、ガラスモールド技術において、ガラスを加熱軟化してプレス成形する際に、その成形安定性を確保するために、ガラスの温度を正確に設定温度に維持する必要がある。本発明の搬送装置では、ガラスの温度を正確に制御して、かつ成型型内にそのガラスを搬送し設置することを、非接触で行うことが出来るため、極めて高精度にプレス成形を行うことができる。

【 0 0 2 1 】

請求項 1 6 に記載の搬送装置は、前記搬送物は、プラスチックであると好ましい。複屈折の無いプラスチック光学素子は、射出成形のようなランナーやゲートなどにより、方向性を持って成形キャビティ内に樹脂を充填する成形手法では実現が難しく、ガラスモールド技術のような熱間プレス成形を行うのが、一つの解決策であるとされる。従って、射出成形などによって得た球形状の一次加工品（これには複屈折があっても良い）を本発明の搬送装置によって、何ら接触することなく加熱軟化させて高精度に温度保持した状態で、プレス型内にその一次加工品を搬送、定位置配置させることが出来れば、極めて精密な成形条件が実現でき、複屈折が少なく再現性の高い、収率の高いプレス成形により、高精度な光学素子などを効率よく低コストで生産することが出来るといえる。

【 0 0 2 2 】

請求項 1 7 に記載の搬送装置は、前記供給手段により供給される流体は、窒素濃度が 6 0 m o l % 以上の気体であると好ましい。窒素濃度 6 0 m o l % 以上の組成の気体としては、空気や乾燥窒素ガスなどがあり、いずれも価格が安いいため、低コストで用いることが出来る。特に、乾燥窒素ガスは、高温にした場合もカーボンや金属などの搬送装置や高温にさらされる部品を酸化させる恐れが低く、かつ安価で入手できる。更に、前記孔を構成する部品として多孔質グラファイトを用いた場合には、乾燥窒素ガスを用いて搬送物の加熱浮上搬送を行う際に、画期的な効果が得られる。即ち、多孔質グラファイトはカーボンであるが、酸素を含まない流体で加熱される場合、1 5 0 0 ℃まで加熱することができ、石英など

の融点の高い材料の搬送物であっても、加熱軟化させ、その外形状を保って非接触浮上保持を行え、且つ定位置までの搬送および落下投入が実現できる。さらに、万一、溶融した石英が貫通孔の壁面などに接触するような事態が発生しても、濡れることがないため、付着が生じず、ほとんど影響なく浮上保持を続行できる。

【 0 0 2 3 】

請求項 1 8 に記載の搬送システムは、請求項 1 乃至 1 7 のいずれかに記載の搬送装置を備えていると好ましい。

【 0 0 2 4 】

請求項 1 9 に記載の搬送システムは、複数の前記搬送装置を、各孔が直列に並ぶように配置すると好ましい。例えば、前記搬送装置を高さ方向に複数重ねた場合、上段の搬送装置により浮上保持された搬送物を、供給する流体の流速や圧力を変えたりシャッタ部材を開いたりすることで落下させ、続いて、下段の搬送装置に落下してきた搬送物を、浮上させた状態で受け取ることができる。これにより、非接触で搬送物の受け渡しができることとなる。この複段の搬送装置により、複数の搬送物を同時保持することができるため、搬送物の送りタクト時間を短くすることができる。

【 0 0 2 5 】

請求項 2 0 に記載の搬送システムは、各搬送装置は、前記孔に投入された搬送物が、前記孔から離脱するまでにその温度を上昇させる加熱手段を有すると好ましい。例えば多段（例えば 1 0 段）に積み上げられた搬送装置よりなる搬送システムでは、最上段の搬送装置に投入された搬送物は、所定時間浮上支持されつつ第 1 の温度に加熱された後、次段の搬送装置に落下され、下段の搬送装置に投入された搬送物は、所定時間浮上支持されつつ、第 1 の温度より高温の第 2 の温度に加熱された後、更に下段の搬送装置に落下されというように、一連の搬送をバケツリレーのように多段の搬送装置間で行うことで、一連の加熱プロセスを、この場合 1 0 段の搬送装置で負担して行えるため、1 段だけの搬送装置で行った場合と比較して、搬送装置の占有時間が短くできタクト時間は $1 / 1 0$ にできるため、一連のプロセスの生産効率を著しく高めることができる。更に、加熱手段と

しての、搬送物に供給される流体の温度を変えることで、搬送物の温度条件を搬送装置ごとに変えることができる。そのため、加熱や冷却などの動作が、搬送装置間を搬送物を送るだけで全て非接触で実現できる。加熱時に固体に触れて望まない変形や反応を起こしやすい搬送物、冷却時に固体に触れて望まない不均一な冷却を招きやすい搬送物などの様々な温度処理を、そのような固体との接触をすることなく実現できる。

【 0 0 2 6 】

請求項 2 1 に記載の搬送システムは、複数の前記搬送装置を、各孔が並列に並ぶように配置すると好ましい。複数の前記搬送装置を上下に積み上げるのではなく、略同じ高さに並べても、同様に一連のプロセスのタクト時間を短縮し、プロセスの生産効率を飛躍的に高めることができる。例えば、上下 2 段の搬送装置であって、上段は加熱プロセスを担当する左右に二つの搬送装置が並んでいて、下段は成形型まで搬送を担当する単一の搬送装置が配置されているという、合計 3 つの搬送装置を含む搬送システムがある。かかる搬送システムにおいて、上段の並列した搬送装置がその左右間隔を保ったまま、その間隔だけ左右に動く構造を有している。まず上段の第 1 の搬送装置が移動し、定位置から搬送物を受け取り、これを浮上保持しながら加熱する。必要な加熱時間の半分が経過した時点で、上段の第 2 の搬送装置が移動し、定位置から搬送物を受け取り、これを浮上保持しながら加熱する。必要な加熱時間の半分が経過した時点で、第 1 の搬送装置で浮上保持された搬送物は所定温度に加熱されているので、下段の搬送装置に落下されて、それにより成形型まで搬送されることとなる。空になった第 1 の搬送装置は移動して、定位置から搬送物を受け取り、これを浮上保持しながら加熱する。このように、上段の搬送装置での加熱浮上保持と、下段の搬送装置での定位置への浮上搬送とを分担しながら、プロセスを 2 分割してタクト時間を半減することができる。これにより、所望のプロセスの効率を飛躍的に高め、生産効率を向上できる。尚、搬送装置の段数はいくつでも良く、一段であっても良い。また、略同じ高さに並べられる搬送装置も 2 つに限ったものではなく、複数の停止位置を設けることで、さらに細かくプロセスを分割しタクト時間を短縮することができる。

【 0 0 2 7 】

請求項 2 2 に記載の搬送システムは、各搬送装置の前記供給手段から供給される流体を異ならせると好ましい。例えば、非接触浮上搬送を行う際に、最初の搬送装置は水素などの還元性ガスにより酸化を確実に防止しながら、搬送物の浮上保持を行い、次段の搬送装置では、より安価な窒素ガスにより略酸化防止をするというように、搬送装置毎に搬送物の状態に応じた最適な流体の種類を選び、非接触搬送と保持条件を選んで、搬送物にとって理想の条件での搬送を可能とすることができる。より具体的には、第 1 段目の搬送装置により搬送物を高温加熱溶解する際に、酸化を防止すると同時に既に酸化している部分を還元したい場合は、供給流体に高温加熱した水素ガスを用いるとよい。更に、第 2 段目の搬送装置により徐冷したい場合は、やや低く温度設定した窒素ガスを用いるなど、目的に応じた供給流体の種類を選び、そのコストを最小とすることができる。加えて、第 3 段の搬送装置では、さらに低い温度設定をした窒素ガスを供給して徐冷を行うと、一般的に時間がかかりがちな徐冷時間を、第 2 段と第 3 段の搬送装置によって 2 分割負担するため、搬送物が搬送装置を占有するタクト時間が減少できて、生産効率を大幅に高められる。

【 0 0 2 8 】

請求項 2 3 に記載の搬送方法は、重力方向上方から下方へと貫通する孔の上方より、搬送物を投入するステップと、前記孔内に流体を供給することによって、前記搬送物を重力に抗して保持するステップと、前記流体の流れ状態を変化させることで、前記搬送物の保持を中断し、前記孔の下方から離脱させるステップとを有することを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項 1 に記載の発明の作用効果と同様である。

【 0 0 2 9 】

請求項 2 4 に記載の搬送方法は、前記搬送物に供給される流体の圧力及び／又は流量を変化させることで、前記流れ状態を変化させることを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項 1 1 に記載の発明の作用効果と同様である。

【 0 0 3 0 】

請求項 2 5 に記載の搬送方法は、前記孔の少なくとも一部を遮蔽することで、

前記流れ状態を変化させることを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項 1 0 に記載の発明の作用効果と同様である。

【 0 0 3 1 】

請求項 2 6 に記載の搬送方法は、前記流体を加熱するステップを有することを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項 1 2 に記載の発明の作用効果と同様である。

【 0 0 3 2 】

請求項 2 7 に記載の搬送方法は、前記搬送物は、加熱され溶融状態で搬送されることを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項 1 3 に記載の発明の作用効果と同様である。

【 0 0 3 3 】

請求項 2 8 に記載の搬送方法は、前記搬送物は、真球度がその平均半径 R の $1/2$ 以下であることを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項 1 4 に記載の発明の作用効果と同様である。

【 0 0 3 4 】

請求項 2 9 に記載の搬送方法は、前記搬送物は、ガラスであることを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項 1 5 に記載の発明の作用効果と同様である。

【 0 0 3 5 】

請求項 3 0 に記載の搬送方法は、前記搬送物は、プラスチックであることを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項 1 6 に記載の発明の作用効果と同様である。

【 0 0 3 6 】

請求項 3 1 に記載の搬送方法は、前記孔内に供給される流体は、窒素濃度が 6 0 m o l % 以上の気体であることを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項 1 7 に記載の発明の作用効果と同様である。

【 0 0 3 7 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態につき、図面を参照して説明する。

図 1 は、第 1 の実施の形態にかかる搬送装置の断面図である。本実施の形態で

は、搬送物が光学素子用素材としてのガラス（プリフォーム）であるものとするが、これに限られることはなく、プラスチックでも良い。尚、図 1 ～ 5, 7, 8 においては、その上下方向が重力方向（鉛直方向）に一致する。

【 0 0 3 8 】

図 1 に示すように、搬送装置 5 0 は、不図示の駆動装置により 3 次元的に駆動される搬送アーム 5 1 と、搬送アーム 5 1 の先端（左端）において図で上下に貫通する開口部 5 1 a に内包された保持円筒 5 2 と、保持円筒 5 2 を固定する固定具 5 3 と、開口部 5 1 a の下端近傍に配置され、不図示のアクチュエータにより、開口部 5 1 a を遮蔽する遮蔽位置（図 1 参照）と、開口部 5 1 a を開放する開放位置との間を変位可能となっているシャッタ部材 5 4 とを有する。

【 0 0 3 9 】

搬送アーム 5 1 は、その内方に軸線方向に延在し開口部 5 1 a に連通する通路 5 1 b を有している。多孔質材料（ここではグラファイト）から形成された保持円筒 5 2 の下端は、搬送アーム 5 1 の開口部 5 1 a の下端近傍に形成された段部 5 1 c に当接しており、一方、保持円筒 5 2 の上端外周は、固定具 5 3 に嵌合している。従って、固定具 5 3 を開口部 5 1 に上方から螺合させることで、保持円筒 5 2 の上部及び下部は、開口部 5 1 a に対して密封取り付けされるようになっている。尚、保持円筒 5 2 の中央外周と、開口部 5 1 a の内周との間には、環状の空間 5 1 d が形成されている。

【 0 0 4 0 】

保持円筒 5 2 の内周面は、下端側に形成された同径のストレート部 5 2 a と、上端側に形成され上方に向かうにつれて拡径したテーパ部 5 2 b とを有している。テーパ部 5 2 b のテーパ角 θ は、本実施の形態では 30 度である。更に、本実施の形態で、保持可能なプリフォーム P F の径 d を $\phi 7.2 \text{ mm}$ としたときに、ストレート部 5 2 a の内径 D は $\phi 7.4 \text{ mm}$ であり、テーパ部 5 2 b の高さ H は、 $0.2 \sim 2 \cdot d$ であるようにすると良い。尚、図示していないが、保持円筒 5 2 の上縁には、テーパ部 5 2 b のテーパ角 θ より大きな端部テーパ部が形成されており、プリフォーム P F の受け入れを容易にしている。ここで、搬送アーム 5 1 と保持円筒 5 2 が保持手段を構成し、保持円筒 5 2 の多孔質面が供給手段を構

成する。又、保持円筒 5 2 のストレート部 5 2 a とテーパ部 5 2 b とで、重力方向に貫通した孔を構成する。

【 0 0 4 1 】

図 2 は、本実施の形態にかかる搬送装置の変形例を示した図であり、各部寸法が異なるだけであるので、図 1 の実施の形態と同一の符号を付して説明を省略する。本変形例では、テーパ部 5 2 b のテーパ角 θ は 3 0 度であり、保持可能なプリフォーム P F の径 d を $\phi 2.6 \text{ mm}$ としたときに、ストレート部 5 2 a の内径 D は $\phi 2.8 \text{ mm}$ であり、テーパ部 5 2 b の高さ H は、 $0.2 \sim 2 \cdot d$ であるようにすると良い。

【 0 0 4 2 】

図 3 は、本実施の形態にかかる搬送装置の別な変形例を示した図であり、各部寸法が異なるだけであるので、図 1 の実施の形態と同一の符号を付して説明を省略する。本変形例では、テーパ部 5 2 b のテーパ角 θ は 3 0 度であり、保持可能なプリフォーム P F の径 d を $\phi 1.2 \text{ mm}$ としたときに、ストレート部 5 2 a の内径 D は $\phi 1.4 \text{ mm}$ であり、テーパ部 5 2 b の高さ H は、 $0.2 \sim 2 \cdot d$ であるようにすると良い。

【 0 0 4 3 】

次に、搬送装置 5 0 の動作を説明する。図 4 は、プレス成形装置における素材の型周辺を、搬送装置と共に示す拡大断面図である。不図示のプリフォーム供給位置で、保持円筒 5 2 内にプリフォーム P F を受け渡された（搬送物を投球するステップ）搬送装置 5 0 は、シャッタ部材 5 4 が遮蔽位置にあり、又、外部より通路 5 1 b 内に、加熱された乾燥窒素ガス（窒素濃度 6 0 m o l % 以上）が圧送されていることから、環状空間 5 1 d を介し、多孔質状の保持円筒 5 2 の内周面全周から均一に乾燥窒素ガスが吹き出され、それによりプリフォーム P F を非接触状態で浮上保持できる（搬送物を保持するステップ）。かかる場合、保持円筒 5 2 の内周面上側がテーパ部 5 2 b となっているので、プリフォーム P F は、気圧が急変するストレート部 5 2 a とテーパ部 5 2 b との境で、安定して保持されることとなる。

【 0 0 4 4 】

このとき、不図示のヒータにより乾燥窒素ガスが加熱されていれば、搬送中にプリフォーム P F の外周面を適切に加熱でき（搬送物を加熱するステップ）、しかも乾燥窒素ガスによって、プリフォーム P F は回転、揺動、振動させられるので、その全周面を均一に加熱することができる。

【 0 0 4 5 】

プリフォーム P F を浮上保持したまま、搬送アーム 5 1 を移動させ、図 4 に示すように、全体を図示しない成形装置の下型 1 と上型 2 の間に、保持円筒 5 2 が位置するようにする。その後、不図示のアクチュエータにより、シャッタ部材 5 4 を開放位置に変位させると、プリフォーム P F を保持する乾燥窒素ガスの圧力が低下し、プリフォーム P F を保持できなくなるため、プリフォーム P F は落下し、保持円筒 5 2 のストレート部 5 2 a を通過し、搬送アーム 5 1 の開口部 5 1 a の下端から離脱する（搬送物を離脱させるステップ）。このとき、保持円筒 5 2 が、溶融したガラスとの濡れ性が悪いグラファイトで形成されていることから、プリフォーム P F は保持円筒 5 2 に付着することなく、下型 1 上に投入されることとなる。

【 0 0 4 6 】

搬送アーム 5 1 を退避させた後、成形動作が開始され、下成型型 1 が上成型型 2 近傍まで上昇する。更に、掩蔽部材である金属ベローズ 1 3 A、1 3 B の間の空間に、外部より窒素ガス（空気でも良い）を圧送して、金属ベローズ 1 3 A、1 3 B を伸張させる。伸張した金属ベローズ 1 3 A、1 3 B は、その下端と共に変位する突き当て部材 1 9 のテーパ面 1 9 b を、対向する固定部材 5 のテーパ面 5 b に突き当て互いに密着させる。これによって、プリフォーム P F が載置されている成形位置周囲の空間が周囲の雰囲気から遮蔽される。かかる状態で、この遮蔽された空間に対し、真空引き手段であるポンプにより、空間内部に残留している窒素ガスを抜くことで、成型型周りの空間を真空度 1 kPa 以下に減圧する。ポンプは、スクロールタイプの真空ポンプを使用すると、排気効率が良く小型であり、しかも油を使用しないことから保守性に優れると共に低騒音で環境上からも好ましい。また、減圧に要する時間は、約 1 秒である。

【 0 0 4 7 】

更に、成形される素材であるプリフォーム P F は、搬送中に、あらかじめプレスできる温度まで十分加熱軟化されているので、型が密閉されて真空引きを開始すると同時に、下型 1 が上昇しプレスを開始することができる。下型 1 の周囲には円筒状の胴型 3 が嵌合しており、下型 1 が上昇すると、胴型 3 の上側端面が上型 2 の基準面 2 c に当接密着し、成型型 2, 1 の基準面 2 c、1 c の平行度を維持する。その状態で数秒間保持した後、減圧状態になっている成型型 2, 1 周囲の空間に、窒素ガスを導入するとともに、型内部ヒータの温度を制御して、温度が転移点以下になるまで成型型 2, 1 を徐冷する。

【 0 0 4 8 】

その後、二重構造になっている金属ベローズ 1 3 A、1 3 B 内部の窒素ガスを、圧力調整機構（不図示）で排出して金属ベローズ 1 3 A、1 3 B を収縮させることで、固定部材 5 から突き当て部材 1 9 を離す。以上の工程で、プリフォーム P F を光学素子として成形できることとなる。

【 0 0 4 9 】

図 5 は、本実施の形態にかかる搬送装置の断面図である。図 6 は、図 5 の搬送装置を VI-VI 線で切断して矢印方向に見た図である。図 5, 6 において、搬送装置 1 5 0 は、不図示の駆動装置により 3 次元的に駆動される細長い搬送アーム 1 5 1 と、搬送アーム 1 5 1 の先端（左端）に取り付けられた、耐熱性を有するセラミック製のホルダ 1 5 5 と、ホルダ 1 5 5 において図で上下に貫通する開口部 1 5 5 a に嵌合された保持円筒 1 5 2 と、保持円筒 1 5 2 を固定する板状の押え板 1 5 3 と、開口部 1 5 5 a の下端近傍に配置され且つ不図示のアクチュエータにワイヤ 1 5 6 を介して連結され、開口部 1 5 5 a を遮蔽する遮蔽位置（図 5 参照）と、開口部 1 5 5 a を開放する開放位置との間を変位可能となっているシャッタ部材 1 5 4 と、シャッタ部材 1 5 4 を遮蔽位置に付勢する部分安定化ジルコニア製のセラミックスプリング 1 5 8 とを有する。本実施の形態においては、搬送アーム 1 5 1 とホルダ 1 5 5 と保持円筒 1 5 2 とで保持手段を構成する。

【 0 0 5 0 】

多孔質材料（ここではグラファイト）から形成された保持円筒 1 5 2 の内周面は、下端側に形成された同径のストレート部 1 5 2 a と、上端側に形成され上方

に向かうにつれて拡径したテーパ部 1 5 2 b とを有している。ホルダ 1 5 5 の中央内部において、保持円筒 1 5 2 のストレート部 1 5 2 a を囲うようにして、加熱手段であるシースヒータ 1 6 1 が配置され、またテーパ部 1 5 2 b の外周面には熱電対 1 6 2 及び断熱板 1 5 7 が取り付けられている。更に、通路 1 5 1 b 内には、加熱手段であるヒータ 1 6 3 が配置されている。シースヒータ 1 6 1, 熱電対 1 6 2, ヒータ 1 6 3 は、通路 1 5 1 b の末端に取り付けられた電極 1 6 4 に接続されており、ここに接続される不図示のコネクタを介して外部と電氣的接続を達成できるようになっている。

【 0 0 5 1 】

本実施の形態においては、通路 1 5 1 b の端部に接続された配管 1 6 5 から通路 1 5 1 b 内に供給された 0. 2 M P a の乾燥窒素ガスは、ヒータ 1 6 3 により加熱され、更にシースヒータ 1 6 1 により加熱された保持円筒 1 5 2 の多孔を抜ける間に更に加熱され、不図示のプリフォームを加熱できるようになっている。尚、保持円筒 1 5 2 の温度は、熱電対 1 6 2 により検出でき、それによりシースヒータ 1 6 1 のフィードバック制御を行える。

【 0 0 5 2 】

本実施の形態においては、押え板 1 5 3 にも、テーパ部 1 5 2 b を延長した（もしくはテーパ角のより大きな）端部テーパ部 1 5 3 a が形成されているので、テーパ部 1 5 2 b と相まって、プリフォームの飛び出しを更に抑制できる。又、押え板 1 5 3 を高密度グラファイトから形成したので、万一プリフォームが押え板 1 5 3 と接触しても、その付着を防止できる。本実施の形態では、テーパ角 3 0 度で、保持可能なプリフォームの最大直径は 7. 2 m m であり、ストレート部 1 5 2 a の穴径は ϕ 7. 5 m m である。

【 0 0 5 3 】

プリフォームの浮上保持と落下の動作切り替えは、シャッタ部材 1 5 4 の開閉動作により行うことができる。高温下でも弾性を維持できる部分安定化ジルコニア製のセラミックスプリング 1 5 8 により、シャッタ部材 1 5 4 は、図 5 に示す遮蔽位置に付勢されており、ワイヤ 1 5 6 を図で右方に引くことにより、スプリング 1 5 8 の付勢力に抗してシャッタ部材 1 5 4 を開放位置に変位させることが

でき、それにより浮上支持していたプリフォームを、下方へ落下させることができる。

【 0 0 5 4 】

本実施の形態において、窒素ガスは圧力 0. 2 M P a で供給され、後述する実験結果による安定動作領域より低めであるが、これは多孔質材料の厚みを、実験結果の場合に比べ約半分としたことにより、低い供給圧力でも流量が多くなるように部品形状を調整したためであり、浮上保持は余裕のある安定領域で行う。搬送アーム 1 5 1 の材料は、耐熱性がありかつホルダ 1 5 5 のセラミック材料と線膨張係数が近いものが好ましいので、ノビナイト鋳鉄を用いた。ヒータ 1 6 1, 1 6 3 と熱電対 1 6 2 の配線は、搬送アーム 1 5 1 後端で、ハーメチックシールによる電極 1 6 4 で気密性を確保して外部に引き出されている。電極 1 6 4 と搬送アーム 1 5 1 との間は、供給された窒素ガスがリークしないように耐熱 C リングや耐熱 O リング 1 6 6 によってシールされている。

【 0 0 5 5 】

上述した実施の形態と同様に、本実施の形態の搬送装置 1 5 0 は、窒素ガスが、流体供給用の配管 1 6 5 から、搬送アーム 1 5 1 の後部より供給され、シースヒータ 1 6 1 で加熱され、多孔質状の保持円筒 1 5 2 の内周面から吐出し、プリフォーム（不図示）を非接触浮上保持する。このときプリフォームは、浮上支持された状態で、回転や平行移動などの動きを行っており、従って外周面が均一に加熱される。搬送装置 1 5 0 は、図 5 で示すように、プリフォームを所望の定位位置まで運び落下させ、定位置配置を行うものである。

【 0 0 5 6 】

窒素ガスの加熱温度の制御は、熱電対 1 6 2 で温度をモニターして、図にはない制御回路によりシースヒータ 1 6 1 への電流を制御して行うが、熱電対 1 6 2 が、多孔質状の保持円筒 1 5 2 に巻きつけられたシースヒータ 1 6 1 により直接加熱されることを避けるために、断熱板 1 5 7 が間に介在するように配置されている。

【 0 0 5 7 】

本発明者らが行った実験では、図 5, 6 に示す搬送装置 1 5 0 で、略球体のガ

ラス転移点が506℃のオハラ製L-BAL42の光学ガラスを搬送物とし、温度設定を550℃として、シャッタ部材154を開じ、その非接触加熱浮上保持を行った。光学ガラスは、浮上保持されながら回転をして、その表面を均一に加熱窒素ガスに触れ、投入後30秒で溶融軟化した。さらに600℃に設定すると、光学ガラスは完全に軟化して、ピンセットで触るだけで容易に変形したが、浮上保持では球体形状を保っていた。この状態でシャッタ部材154を開き、溶融した光学ガラスを落下させたが、保持円筒152における多孔質グラファイトの内壁に接触することなく、鉛直に落下した。

【0058】

図7は、本発明の実施の形態にかかる搬送システムを示す断面図である。かかる搬送システムは、重力方向上下に配置された2段の搬送装置からなり、下段の搬送装置は、図5、6に示す搬送装置150と同様な構造を有するので、同様の部材には同一の符号を付すことで説明を省略し、一方、上段の搬送装置は、図5、6に示す搬送装置150の搬送アームを1/3に短縮しただけであるので、区別すべく搬送装置の符号のみダッシュを付し、その他同様の部材には同一の符号を付すことで説明を省略する。尚、図7の状態、搬送装置150、150'は、保持円筒152、152を直列に配置してなる。

【0059】

上段の搬送装置150'は、ガラス球供給部200の供給口201の下方に、保持円筒152が配置されるように固定されており、一方、移動可能な下段の搬送装置150は、図7に示す状態で、その保持円筒152が、上段の搬送装置150'の保持円筒の軸線と略一致するように配置される。尚、ガラス球供給部200は、多数のガラス球PFを保持するストッカー202と、回転することでガラス球PFを1個ずつ供給口201に送るスプロケット203を有している。

【0060】

本搬送システムで搬送するガラス球（平均直径3mm）は、略球体のホヤ製光学ガラスのM-LaC130で、最大直径3.2mmである。いずれの搬送装置の保持円筒152も開気孔率16%のグラファイトを用いて形成し、ストレート部152aの孔径をφ3.4mmとし、テーパ部152bのテーパ角を30度と

し、その高さはプリフォームのほぼ平均直径と等しい 3 mm とした。供給される流体は窒素ガスで、圧力は 0. 2 MP a である。

【 0 0 6 1 】

本発明者らの実験結果によれば、上段の固定された搬送装置 1 5 0' は、目標設定温度を 5 4 0℃ とし、下段の搬送装置 1 5 0 の目標設定温度は 5 8 0℃ とした。両搬送装置 1 5 0' 、 1 5 0 のシャッタ部材 1 5 4、 1 5 4 を閉じた後、ガラス球供給部 2 0 0 のスプロケット 2 0 3 を回転させ、まず常温のガラス球 P F を 1 個、上段の搬送装置 1 5 0' の保持円筒 1 5 2 内に投入し、 3 0 秒間非接触で加熱浮上保持した。その直後に、シャッタ部材 1 5 4 を開放位置に変位させ、ガラス球 P F を落下させ、それを、直下に配してあった下段の搬送装置 1 5 0 の保持円筒 1 5 2 内で受け、更に非接触加熱浮上保持を続行した。

【 0 0 6 2 】

更に、上段の搬送装置 1 5 0' のシャッタ部材 1 5 4 を直ちに閉じ、ガラス球供給部 2 0 0 のスプロケット 2 0 3 を回転させ、常温のガラス球 P F を 1 個、保持円筒 1 5 2 内に投入して、その非接触加熱浮上保持を行った。ガラス球 P F を下段の搬送装置 1 5 0 に受け渡して 2 0 秒後に、下段の搬送装置 1 5 0 は、あらかじめ設定温度に維持されたプレス成形型の中心上に、保持円筒 1 5 2 に軸線が位置するように移動させられ、シャッタ部材 1 5 4 を開いて熔融軟化したガラス球 P F を落下させ定位置に配置して、直ちにシャッタ部材 1 5 4 を閉じて、上段の搬送装置 1 5 0' の下に戻った。不図示のプレス成形型は、搬送装置 1 5 0 が退避後に、直ちにプレス動作に入り、ガラス球 P F をプレス成形して徐冷プロセスを行った。次のガラス球 P F が投入される前に、成形型が開いて成形された光学素子を排出し、成形型を開いた状態で待機させた。図 7 に示すように、下段の搬送装置 1 5 0 が戻ったときに、上段の搬送装置 1 5 0' にガラス球 P F を投入して、 3 0 秒後となるようにしたので、上段の搬送装置 1 5 0' で 3 0 秒加熱されたガラス球は、下段の搬送装置 1 5 0 が下方に位置すると直ちに落下され、そこに受け渡された。これら一連の動作を継続することにより、ガラス球 P F は、上段の搬送装置 1 5 0' で 5 4 0℃ で 3 0 秒間均一に加熱軟化された後、下段の搬送装置 1 5 0 で 5 8 0℃ で 3 0 秒間加熱されて熔融状態となり、成形型に繰り

返し投入できた。従ってガラス球 P F は、1 分間の加熱プロセスを経ているにもかかわらず、成形を 3 0 秒タクトで実現できた。

【 0 0 6 3 】

図 8 は、第 2 の実施の形態にかかる搬送システムを示す断面図である。かかる搬送システムは、図 7 に示す実施の形態のように、重力方向上下に配置された 2 段の搬送装置からなるが、上段の搬送装置は 2 つ設けられ、且つガラス球供給部 2 0 0 の供給口 2 0 1 に対して変位自在となっている。尚、下段の搬送装置は、図 5、6 又は 7 に示す搬送装置 1 5 0 と同様な構造を有するので、同様の部材には同一の符号を付すことで説明を省略し、一方、上段の 2 つの搬送装置は、図 7 に示す搬送装置 1 5 0 の軸線を紙面に垂直に延在させた状態で並列に並べたのみであるので、同様の部材には同一の符号を付すことで説明を省略する。尚、図 8 の状態で、上段の搬送装置 1 5 0'、1 5 0' は、保持円筒 1 5 2、1 5 2 を並列に配置してなる。

【 0 0 6 4 】

本搬送システムで搬送するガラス球（平均直径 3 mm）は、略球体のホヤ製光学ガラスの M-L a C 1 3 0 で、最大直径 3. 2 mm である。いずれの搬送装置の保持円筒 1 5 2 も開気孔率 1 6 % のグラファイトを用いて形成し、ストレート部 1 5 2 a の孔径を ϕ 3. 4 mm とし、テーパ部 1 5 2 b のテーパ角を 3 0 度とし、その高さはプリフォームのほぼ平均直径と等しい 3 mm とした。供給される流体は窒素ガスで、圧力は 0. 2 MP a である。

【 0 0 6 5 】

本発明者らの実験結果によれば、上段の搬送装置 1 5 0' は、目標設定温度を 5 4 0℃ とし、下段の搬送装置 1 5 0 の目標設定温度は 5 8 0℃ とした。図 8 に示す状態で、3 つの搬送装置 1 5 0'、1 5 0'、1 5 0 のシャッタ部材 1 5 4、1 5 4、1 5 4 を閉じた後、ガラス球供給部 2 0 0 のスプロケット 2 0 3 を回転させ、まず常温のガラス球 P F を 1 個、上段左側の搬送装置 1 5 0' の保持円筒 1 5 2 内に投入した。その後、上段の搬送装置 1 5 0'、1 5 0' を図で左方に一体的に移動させ、上段左側の搬送装置 1 5 0' にガラス球 P F を投入してから 1 5 秒後に、ガラス球供給部 2 0 0 のスプロケット 2 0 3 を回転させ、常温の

ガラス球 P F を 1 個、上段右側の搬送装置 1 5 0' の保持円筒 1 5 2 内に投入した。

【 0 0 6 6 】

その後、上段の搬送装置 1 5 0'、1 5 0' を図で右方に一体的に移動させ、図 8 に示す状態とし、上段左側の搬送装置 1 5 0' にガラス球 P F を投入してから 3 0 秒後に、そのシャッタ部材 1 5 4 を開放位置に変位させ、ガラス球 P F を落下させ、それを、直下に配してあった下段の搬送装置 1 5 0 の保持円筒 1 5 2 内で受け、更に非接触加熱浮上保持を続行した。

【 0 0 6 7 】

更に、上段左側の搬送装置 1 5 0' のシャッタ部材 1 5 4 を直ちに閉じ、ガラス球供給部 2 0 0 のスプロケット 2 0 3 を回転させ、常温のガラス球 P F を 1 個、その保持円筒 1 5 2 内に投入して、その非接触加熱浮上保持を行った。ガラス球 P F を受け渡された下段の搬送装置 1 5 0 は、あらかじめ設定温度に維持されたプレス成形型の中心上に、保持円筒 1 5 2 に軸線が位置するように移動し、シャッタ部材 1 5 4 を開いて溶融軟化したガラス球 P F を落下させ定位置に配置して、直ちにシャッタ部材 1 5 4 を閉じて、図 8 に示す上段右側の搬送装置 1 5 0' の下に戻った。

【 0 0 6 8 】

不図示のプレス成形型は、搬送装置 1 5 0 が退避後に、直ちにプレス動作に入り、ガラス球 P F をプレス成形して徐冷プロセスを行った。次のガラス球 P F が投入される前に、成形型が開いて成形された光学素子を排出し、成形型を開いた状態で待機させた。

【 0 0 6 9 】

図 8 に示すように、下段の搬送装置 1 5 0 が戻ったときに、上段右側の搬送装置 1 5 0' にガラス球 P F を投入して、3 0 秒後となるようにしたので、上段の搬送装置 1 5 0' で 3 0 秒加熱されたガラス球は、下段の搬送装置 1 5 0' が下方に位置すると直ちに落下され、そこに受け渡された。これら一連の動作を継続することにより、ガラス球 P F を 5 4 0℃で 3 0 秒間加熱を行いながら、1 5 秒間隔で下段の搬送装置 1 5 0 に供給でき、プレス成形のタクトを 1 5 秒とするこ

とができる。

【 0 0 7 0 】

この一連の動作において、常温ガラス球 P F の供給口 2 0 1 と、下段の搬送装置 1 5 0 の受け渡し位置は、上段の搬送装置 1 5 0 ' との相対的な位置関係だけで決まるから、上述した実施の形態とは逆に、上段の搬送装置を固定して、常温ガラス球の投入口と、下段の搬送装置 1 5 0 とを移動させ、上段の搬送装置 1 5 0 ' 、 1 5 0 ' の 2 つの保持円筒 1 5 2 , 1 5 2 下で、それぞれ受け渡しができるようにしても良いのは、言うまでもない。尚、複数段の搬送装置を設ける場合、各搬送装置毎に供給流体の種類を変えても良い。

【 0 0 7 1 】

(実施例)

以下に、本発明者らが行った実験結果を示す。図 1 に示すごとく、多孔質材料から形成された保持筒（テーパ角 3 0 度のテーパ部を有する）により、略球体の搬送物を浮上させ、搬送を試みた。搬送物の最大直径は 7 . 2 m m であり、ストレート部の穴径は ϕ 7 . 5 m m である。このとき、開気孔率が 2 1 %、1 6 %、8 % の多孔質材料からできた保持円筒を 3 種類用意して、供給する空気の圧力を変えながら、搬送物の浮上の様子を観察した。さらに、保持円筒の底部に設けたシャッタ部材の開閉によっても、搬送物の浮上の様子がどうなるかを観察した。これらをまとめたものが、表 1、2 および 3 である。開気孔率とは、その材料表面に見える孔の面積が、表面積全体に占める割合を指し、開気孔率が大きいほど材料中の孔が多く、ガスや液体などの流体を通しやすい。

【表1】

開気孔率 21 % 搬送物径 φ7.2		シャッター部材												備考	
		1st.		2nd.		3rd.		4th.		5th.		6th.			
		CLOSE	OPEN	CLOSE	OPEN	CLOSE	OPEN	CLOSE	OPEN	CLOSE	OPEN	CLOSE	OPEN		
供給エア圧 [MPa]	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	0.02	○	↓	○	↓	○	↓	—	—	—	—	—	—	—	回転
	0.04	○	↓	○	↓	○	↓	—	—	—	—	—	—	—	隔っている
	0.06	○	↓	○	↓	○	↓	—	—	—	—	—	—	—	隔っている
	0.08	○	↓	○	↓	○	↓	—	—	—	—	—	—	—	隔っている
	0.10	○	↓	○	↓	○	↓	—	—	—	—	—	—	—	激しく隔っている
	0.12	○	↓	○	↓	○	↓	—	—	—	—	—	—	—	激しく隔っている
	0.14	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—	激しく隔っている
0.16	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—	激しく隔っている	

【表2】

開気孔率 16 % 搬送物径 φ7.2		シャッター部材												備考	
		1st.		2nd.		3rd.		4th.		5th.		6th.			
		CLOSE	OPEN	CLOSE	OPEN	CLOSE	OPEN	CLOSE	OPEN	CLOSE	OPEN	CLOSE	OPEN		
供給エア圧 [MPa]	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	キャッチされない キャッチされない 回転 回転 回転 回転 回転 回転 回転 回転 回転
	0.26	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	0.28	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	0.30	—	—	—	—	○	↓	○	↓	○	↓	○	↓	—	
	0.32	○	↓	—	—	○	↓	○	↓	○	↓	○	↓	—	
	0.34	○	↓	○	↓	○	↓	○	↓	○	↓	○	↓	—	
	0.36	○	↓	○	↓	○	↓	○	↓	○	↓	○	↓	—	
	0.38	○	↓	○	↓	○	↓	○	↓	○	↓	○	↓	—	
	0.40	○	↓	○	↓	○	↓	○	↓	○	↓	○	↓	—	
	0.42	○	↓	○	↓	○	↓	○	↓	○	↓	○	↓	—	
	0.44	○	↓	○	↓	○	↓	○	↓	○	↓	○	↓	—	

【表3】

開気孔率 8 % 搬送物径 φ7.2		シャッター部材												備考
		1st.		2nd.		3rd.		4th.		5th.		6th.		
		CLOSE	OPEN	CLOSE	OPEN	CLOSE	OPEN	CLOSE	OPEN	CLOSE	OPEN	CLOSE	OPEN	
供給エア圧 [MPa]	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	0.30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	ゆっくりと落ちた
	0.32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	ゆっくりと落ちた
	0.34	○	↓	○	↓	○	↓	—	—	○	↓	○	↓	回転
	0.36	○	↓	—	—	—	—	○	↓	○	↓	○	↓	回転
	0.38	○	↓	○	↓	○	↓	—	—	○	↓	○	↓	回転
	0.40	○	↓	○	↓	○	↓	—	—	○	↓	○	↓	回転
	0.42	○	↓	○	↓	—	—	○	↓	○	↓	○	↓	回転
	0.44	○	↓	○	↓	○	↓	○	↓	○	↓	○	↓	回転
	0.46	○	↓	○	↓	○	↓	—	—	○	↓	○	↓	回転
0.48	○	↓	○	↓	○	↓	○	↓	○	↓	○	↓	回転	
0.50	○	↓	○	↓	○	↓	○	↓	○	↓	○	↓	回転	

実験条件 : シャッターを閉じた状態で、ワークをアーム上面30mmの高さから落下させた。
 記入例 ○ : アーム側グラフィット内にキャッチされ回転しながら浮上。
 ↑ : アームの上方に飛び出す。
 ↓ : ワーク投入してすぐに落下。または、シャッター【CLOSE→OPEN】で、ワーク落下。

測定器 : レギュレータのゲージ 最小目盛: 0.02MPa
 供給エア : 常温・工場エア

【0072】

表1は、開気孔率21%の多孔質材料を用いたときに、供給圧力を変えて、さらに保持円筒の底部を塞ぐシャッター部材を開閉したときの搬送物の挙動を、同一

条件で3回繰り返して確認した結果である。供給流体には常温のエアを用い、搬送物は保持円筒の入り口上方約30mmの高さから落下させて、浮上保持できるかを見た。シャッタ部材が開いているときは、供給圧力が0.12MPa以下では全て搬送物は落下してしまい、全く浮上保持できないことがわかった。また、このときシャッタ部材が閉じていると、全て搬送物は浮上保持されることがわかった。つまり、エアの供給圧力が0.12MPa以下では、シャッタ部材を閉じることにより確実に搬送物を浮上保持でき、また開くことによって確実に落下させて、定位置に配置することができるので、シャッタ部材の開閉という機械的な動作によって、非接触浮上と落下とを選択できることがわかる。さらに供給エアの圧力が0.14MPa以上では、シャッタ部材の開閉にかかわらず搬送物を浮上保持することができ、この際には、シャッタ部材は開けたままで供給圧力を0.12MPa以下に設定することで、浮上保持されていた搬送物を落下させることができることがわかった。この場合は、機械的な操作は一切不要となり、単に供給流体の圧力調整によるだけで、搬送物の非接触浮上保持と落下とを切り替えることができる訳である。表1の備考にあるように、供給エアの圧力が0.02MPaの時に、非接触浮上している搬送物は、浮上状態で回転して、その表面を均一に流体にさらしており、0.04から0.08MPaでは、振動したり揺動したりして踊っている状態となって、さらに搬送物表面にむらなくランダムに流体が触れる状況となり、0.10MPa以上では、さらに激しく搬送物が踊ることがわかった。このことにより、本発明の搬送装置により浮上保持されている搬送物が、その表面に極めて均一に流体から力を受けており、供給流体を加熱して浮上保持した場合も、搬送物をその表面全体に均一に加熱することが理解できる。しかし、特に0.10MPa以上の搬送物が激しく踊っている状態では、搬送中にかかる加速度などにより搬送体が上方へ飛び出す恐れが考えられるので、この圧力範囲では、貫通孔上部に設けたテーパ部の高さを、そのテーパ角に応じて、搬送物の平均直径の2倍程度に長くすることが望ましいといえる。

【0073】

表2は、開気孔率16%の多孔質材料を用いて、表1と同様にシャッタ部材を開閉しながらエアの供給圧力を変え、搬送物の浮上保持の様子を観察した結果を

示すものである。ただし、表 1 の場合と異なり、同一条件を 6 回づつ行って、その再現性と信頼性をより詳しく観察した。この結果を考察するに、0.32 MPa 以下の供給圧力では、シャッタ部材を閉じても搬送物が浮上保持されない場合があり、搬送機能が十分でないことがわかった。さらに、0.38 MPa に供給圧力を上げて、シャッタ部材が閉の状態でも保持不良が 1 度あり、まだ信頼性が十分でないことがわかる。この場合は、さらに少なくとも 0.05 MPa の余裕を見ると、0.44 MPa 以上の供給圧力で、シャッタ部材が閉の状態でも安定して搬送物を浮上保持できると判断できる。一般的に、供給流体の圧力は、安全性や経済的な消費流量などを考えると 0.5 MPa 程度が実用的な上限といえるから、表 2 でも 0.5 MPa まで供給圧力を取ってある。0.44 から 0.5 MPa までの、搬送物を安定して浮上保持できる領域では、シャッタ部材を開くと全て落下するので、シャッタ部材の開閉により、搬送物を非接触浮上保持と落下とに切り替えられることがわかる。また、シャッタ部材を開くと、それに応じて搬送物は全て落ちて保持できないことから、表 1 の場合のように、機械動作によらず供給圧力を変化させて、搬送物の非接触浮上保持と落下とを切り替えることはできないこともわかる。備考によれば、浮上保持されたときの搬送物は、安定して回転し、その表面を流体に均一にさらしていることがわかる。しかも、振動や揺動がみられないことから、保持円筒のテーパ部の高さを、搬送物の平均直径程度まで短くしても、搬送物が上方へ飛び出すことなく、安定して搬送ができ、多孔質材料よりなる部品の高さを短くできるので、コンパクトで軽量の搬送装置を実現できることも、この実験結果からわかる。

【 0 0 7 4 】

表 3 は、開気孔率 8 % の多孔質材料を用いて、表 2 と同様の実験を行った結果を示すものである。エアの供給圧力が 0.42 MPa までは、シャッタ部材を閉じて搬送物の保持不良があり、ここから 0.05 MPa の余裕をみると、0.48 MPa 以上で安定して搬送物を非接触浮上保持できるといえる。ただし供給エアの圧力限界は、前述した理由により 0.5 MPa 程度であるから、安定して浮上保持できる圧力範囲は、表 2 の場合ほど広くないことがわかる。非接触浮上保持された搬送物の様子は、表 2 と同様に安定して回転し、その表面に均一に流

体が触れている状況であった。

【 0 0 7 5 】

以上、表 1、2 および 3 の実験結果に基づけば、多孔質材料としては開気孔率 2 1 % と 1 6 % が良好であることが分かった。供給圧力が高くなるのを厭わなければ 8 % のものでも使用可能であるが、安定圧力範囲は狭いといえる。

【 0 0 7 6 】

表 4、5 および 6 は、図 2 に示すごとく、搬送物の最大直径を 2 . 6 m m とし、貫通孔径を 2 . 8 m m としたときの、開気孔率 2 1 %、1 6 %、8 % の 3 種類の多孔質材料を用いて、搬送物の浮上保持や落下の様子を観察した結果を示すものである。保持円筒のテーパ部の頂角は 3 0 度であり、供給流体は、表 1 から 3 と同様に、常温エアである。

【表4】

開気孔率 21% 搬送物径 φ2.6		シャッター部材												備考
		1st.		2nd.		3rd.		4th.		5th.		6th.		
		CLOSE	OPEN	CLOSE	OPEN	CLOSE	OPEN	CLOSE	OPEN	CLOSE	OPEN	CLOSE	OPEN	
供給エア圧 [MPa]	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	回転 跳っている 跳っている
	0.02	○	↓	○	↓	○	↓	—	—	○	↓	○	↓	
	0.04	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	
	0.08	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	

【表5】

開気孔率 16% 搬送物径 φ2.6		シャッター部材												備考
		1st.		2nd.		3rd.		4th.		5th.		6th.		
		CLOSE	OPEN	CLOSE	OPEN	CLOSE	OPEN	CLOSE	OPEN	CLOSE	OPEN	CLOSE	OPEN	
供給エア圧 [MPa]	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	キャッチされない キャッチされない
	0.08	↓	—	—	—	↓	—	—	—	↓	—	—	—	
	0.10	↓	—	↓	—	↓	—	↓	—	↓	—	↓	—	回転 回転 回転 回転 回転 回転 跳っている 跳っている
	0.12	○	↑	—	—	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	
	0.14	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	
	0.16	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	
	0.18	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	
	0.20	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	
	0.30	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	
	0.40	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	
0.50	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑		

【表6】

開気孔率 8 % 搬送物径 φ2.6		シャッター部材												備考
		1st.		2nd.		3rd.		4th.		5th.		6th.		
		CLOSE	OPEN	CLOSE	OPEN	CLOSE	OPEN	CLOSE	OPEN	CLOSE	OPEN	CLOSE	OPEN	
供給エア圧 [MPa]	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	キャッチされない キャッチされない
	0.10	↑	—	↑	—	↑	—	↑	—	↑	—	↑	—	
	0.12	↑	—	↑	—	↑	—	↑	—	↑	—	↑	—	
	0.14	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	回転
	0.16	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	回転
	0.18	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	回転
	0.20	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	回転
	0.22	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	回転
	0.24	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	回転
	0.26	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	回転
	0.28	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	回転
	0.30	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	回転
0.40	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	回転	
0.46	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	回転	
0.48	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	回転	
0.50	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	回転	

実験条件 : シャッターを閉じた状態で、ワークをアーム上面30mmの高さから落下させた。
 記入例 ○ : アーム側グラフィイト内にキャッチされ回転しながら浮上。
 ↑ : ワークがキャッチされずにアームの上方に飛び出す。
 ↓ : ワーク投入してすぐに落下。または、シャッター【CLOSE→OPEN】で、ワーク落下。

測定器 : レギュレータのゲージ 最小目盛: 0.02MPa
 供給エア : 常圧・工場エア

【0077】

表4では、開気孔率21%の多孔質材料を用いた結果を示し、供給圧力が0.02MPa以下ではシャッター部材が閉じた状態で搬送物を浮上保持し、シャッター部材が開いた状態で落下させているが、保持不良もあるので信頼性に乏しいことがわかる。0.04MPa以上では、シャッター部材が閉じた状態では搬送物が上方に飛び出してしまい、浮上保持できないことがわかる。また、シャッター部材が

開いて浮上保持できるものの、0.06MPaにおいても保持不良が発生しており、安定して保持できていないことがわかる。つまり、このサイズの搬送物では、開気孔率21%の多孔質材料を用いた場合は、シャッタ部材の開閉による機械的な浮上保持と落下の動作も、供給圧力を変えて行う浮上保持と落下の動作も安定してできないことがわかる。

【0078】

表5は、開気孔率16%の多孔質材料を用いた結果を示しており、供給圧力0.12MPa以下では、シャッタ部材が閉じた状態でも保持不良があり、安定して搬送物の浮上保持ができないが、0.14MPa以上0.5MPaまでの極めて広い範囲にわたって、安定して浮上保持できることがわかる。また、この圧力範囲でシャッタ部材を開くと、搬送物は全て落下し、落下動作も確実に行えることがわかる。0.12MPaから少なくとも0.05MPaの余裕をみた0.18MPa以上が、信頼性のある浮上保持を確保できると判断できる。また、備考に示すように、0.30MPaまでは、浮上保持された搬送物が静かに回転して、その表面に均一に流体が触れている状態であることから、保持円筒のテーパ部の高さを搬送物の平均直径程度に低くして、搬送装置全体を小型軽量にできることもわかる。

【0079】

表6は、開気孔率8%の多孔質材料を用いた結果を示しており、表5と同様の実験によるものである。供給圧力が0.18MPaまでは、シャッタ部材が閉じた状態で搬送物の保持不良があるので、これより少なくとも0.05MPaの余裕をみて0.24MPa以上で、安定して搬送物を浮上保持できるとみなせる。しかし、0.5MPaにおいては、シャッタ部材が閉じた状態で搬送物が上方へ飛ばされることがあるので、ここから低い方へ0.05MPaの余裕をみた0.45MPaまでが、安定して搬送物を浮上保持できる範囲と考えられる。シャッタ部材の開閉により、0.2MPa以上の極めて広い圧力範囲で安定して浮上保持と落下ができることがわかる。浮上保持された搬送物も静かに回転しており、その表面が均一に流体に触れているのと同時に、保持円筒のテーパ部高さを、搬送物の平均直径程度に短くできるので、小型軽量の搬送装置が実現できることも

わかる。

【 0 0 8 0 】

以上、表 4 . 5 および 6 においては、開気孔率 1 6 % と 8 % のどちらの材料を使っても安定した、搬送物の非接触浮上保持と落下の動作を実現できる。ただし、この動作切り替えは、シャッター部材の開閉という機械的な手法にのみ可能である。

【 0 0 8 1 】

表 7、8 および 9 は、図 3 に示すように、略球体の搬送物の最大直径を 1 . 2 m m とし、多孔質材料の貫通孔直径を 1 . 4 m m とした時の、搬送物の非接触浮上保持と落下の状況を観察した結果を示すものである。保持円筒のテーパ部の頂角は 3 0 度、供給流体は、常温エアである。

【表 7】

開気孔率 21% 搬送物径 $\phi 1.2$		シャッター部材												備考
		1st		2nd		3rd		4th		5th		6th		
		CLOSE	OPEN	CLOSE	OPEN	CLOSE	OPEN	CLOSE	OPEN	CLOSE	OPEN	CLOSE	OPEN	
供給エア圧 [MPa]	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	注1 注2
	0.03	↑	○	↑	○	↑	○	—	—	—	—	—	—	
	0.05	↑	↑	↑	↑	↑	↑	—	—	—	—	—	—	

注1 : 圧力計ゲージ最小目盛未満の為、参考値とする。
 注2 : 使用不可能の為、以下省略。

【表 8】

開気孔率 16% 搬送物径 $\phi 1.2$		シャッター部材												備考
		1st.		2nd.		3rd.		4th.		5th.		6th.		
		CLOSE	OPEN	CLOSE	OPEN	CLOSE	OPEN	CLOSE	OPEN	CLOSE	OPEN	CLOSE	OPEN	
供給エア圧 [MPa]	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	回転?
	0.05	○	↓	○	↓	○	↓	—	—	—	—	—	—	回転
	0.10	○	↓	○	↓	○	↓	—	—	—	—	—	—	跳っている
	0.15	○	↓	○	↓	○	↓	—	—	—	—	—	—	跳っている
	0.20	↑	↓	↑	↓	↑	↓	—	—	—	—	—	—	跳っている
	0.25	↑	○	↑	○	↑	○	—	—	—	—	—	—	跳っている
	0.30	↑	○	↑	○	↑	○	—	—	—	—	—	—	跳っている
	0.35	↑	○	↑	○	↑	○	—	—	—	—	—	—	跳っている
	0.40	↑	○	↑	○	↑	○	—	—	—	—	—	—	跳っている
0.45	↑	○	↑	○	↑	○	—	—	—	—	—	—	跳っている	
0.50	↑	○	↑	○	↑	○	—	—	—	—	—	—	跳っている	

【表 9】

開気孔率 8 % 搬送物径 φ1.2		シャッター部材												備考
		1st.		2nd.		3rd.		4th.		5th.		6th.		
		CLOSE	OPEN	CLOSE	OPEN	CLOSE	OPEN	CLOSE	OPEN	CLOSE	OPEN	CLOSE	OPEN	
供給エア圧	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	キャッチされない 回転 回転 回転 回転 回転 回転 跳っている 跳っている 跳っている 激しく跳っている
	0.06	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	0.08	○	—	○	—	○	—	○	—	○	—	○	—	
	0.10	○	—	○	—	○	—	○	—	○	—	○	—	
	0.12	○	—	○	—	○	—	○	—	○	—	○	—	
	0.14	○	—	○	—	○	—	○	—	○	—	○	—	
	0.20	○	—	○	—	○	—	○	—	○	—	○	—	
	0.22	○	—	○	—	○	—	○	—	○	—	○	—	
	0.24	○	—	○	—	○	—	○	—	○	—	○	—	
	0.28	○	—	○	—	○	—	○	—	○	—	○	—	
0.28	↑	—	↑	—	↑	—	↑	—	↑	—	↑	—		
0.30	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○		

実験条件 : シャッターを開いた状態で、ワークをアーム上面30mmの高さから落下させた。
 記入例 ○ : アーム側グラフィット内にキャッチされ回転しながら浮上。
 ↑ : ワークがキャッチされずにアームの上方に飛び出す。
 ↓ : ワーク投入してすぐに落下。または、シャッター【CLOSE→OPEN】で、ワーク落下。

測定器 : レギュレータのゲージ 最小目盛: 0.02MPa
 供給エア : 常温・工場エア

【0082】

表7は、開気孔率21%の多孔質材料を用いてシャッター部材の開閉と供給圧力を変えて、同一条件で3回ずつ実験を行った結果を示している。供給圧力が0.03MPaで、シャッター部材が開板状態の時に、搬送物を浮上保持できているが、0.05MPaでは上方に飛んでしまい、保持できないことがわかる。すなわち、極めて狭い圧力範囲でしか、搬送物を浮上保持できないことがわかる。

【0083】

表8は、開気孔率16%の多孔質材料を用いた場合の搬送物の状況を観察した結果を示している。供給圧力0.15MPaまでは、シャッタ部材が閉じた状態で搬送物を浮上保持でき、シャッタ部材を開くと落下することがわかる。また、0.20MPaの動作不安定領域を超えて、供給圧力が0.25MPa以上では、シャッタ部材が閉じた状態では搬送物が上方へ飛び出してしまうが、シャッタ部材を開くと浮上保持できることがわかる。つまり、供給圧力が0.15MPa以下の時は、シャッタ部材の開閉による機械的な動作で搬送物を非接触浮上又は落下させることができ、供給圧力が0.25MPa以上ではシャッタ部材を開いたままにして、供給圧力を変化させることで、搬送物を非接触保持と落下とを達成できることがわかる。また、0.15MPa以上では、搬送物には振動や揺動が生じているので、搬送物が搬送途中で、上方へ飛び出したりすることがないように、保持円筒のテーパ部の高さは、そのテーパ角によっては搬送物の平均直径の2倍程度まで必要となる。

【0084】

表9は、開気孔率8%の多孔質材料を用いた場合の搬送物の浮上保持状態を、同一条件で6回づつ繰り返して観察した結果を示すものである。供給圧力が0.10MPa以上 0.20MPa以下では、シャッタ部材を閉じた状態で搬送物を浮上保持でき、シャッタ部材を開けば全て搬送物を落下できることがわかる、しかし、信頼性確保のために、この供給圧力範囲の下限と上限にそれぞれ0.05MPaの余裕を見込むと、0.15MPaが唯一、確実に浮上保持と落下ができる供給圧力ということになる。また、0.22MPa以上0.5MPaまでの圧力範囲では、保持不良が必ず生じており、極めて不安定な状態であることがわかる。

【0085】

以上、表7、8および9においては、開気孔率16%の多孔質材料を用いた場合が、最も安定して搬送物を浮上保持でき、しかもシャッタ部材の開閉による機械的な動作でも、供給圧力を変化させても、どちらの方法によっても搬送物を安定して、非接触保持と落下・定位置配置の動作選択ができることが分かった。

【0086】

表 1 0 及び図 9、1 0 および 1 1 は、それぞれ開気孔率 2 1 %、1 6 %、8 % の多孔質材料において、常温エアの供給圧力と細孔から吐出する流量の関係を数値列挙及びグラフ化したもので、全て表 1 から 9 に結果を示す実験に用いたものである。開気孔率 2 1 % の多孔質材料では、消費流量が非常に多く、多数の搬送装置を並べたり高価な流体を用いる時に経済的に実用に供するのは、0. 2 MP a 程度以下であることがわかる。特に、搬送装置を上下方向や水平方向に複数配置して搬送物の受け渡しを行う場合では、供給流体の使用量は単独の場合の何倍にもなるため、できるだけ少ない流量で効率よく安定して搬送物を浮上保持を行うことが好ましい。その点、開気孔率 1 6 % と 8 % では、最も多く流量を必要とする場合でも毎分 1 0 N 1 以下であり、複数の搬送装置による搬送物の受け渡しを行う搬送システムでも十分供給流体の経済性を考慮できる。また、開気孔率 1 6 % と 8 % では、数字の上では 2 倍の孔面積の違いではあるが、実際の流量では 1. 2 5 倍程度の差しかないこともわかる。したがって、開気孔率が 2 0 % 以下となると急激に流量が減少し、その後は開気孔率が小さくても流量はあまり減らないことがわかる。つまり、少ない流量で効率よく搬送物を浮上保持できる開気孔率の範囲は、まず 2 0 % 以下であり、上述の試験における 8 % の半分の値を含む 3 % 以上の範囲であるといえる。

【表 1 0】

		流入時間[min/45t]									流量[Nt/min]								
		開気孔率 2 1 %			開気孔率 1 6 %			開気孔率 8 %			開気孔率 2 1 %			開気孔率 1 6 %			開気孔率 8 %		
		φ 1.2	φ 2.6	φ 7.2	φ 1.2	φ 2.6	φ 7.2	φ 1.2	φ 2.6	φ 7.2	φ 1.2	φ 2.6	φ 7.2	φ 1.2	φ 2.6	φ 7.2	φ 1.2	φ 2.6	φ 7.2
供給圧力 [MPa]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.05	7.00	7.00	3.00							8.4	8.4	15.0						
	0.10	4.17	4.00	1.58			53.00				10.8	11.3	28.4			0.8			
	0.20	2.42	2.17	0.92	62.00	42.00	18.67			62.00	18.6	20.8	49.1	0.7	1.1	2.3		0.9	
	0.30	1.67	1.50	0.63	34.00	24.00	10.50	33.00	28.00	14.00	27.0	30.0	71.1	1.3	1.9	4.3	1.4	1.6	3.2
	0.40	1.25	1.00		21.00	14.75	6.67	20.50	17.50	9.00		45.0		2.1	3.1	6.8	2.2	2.8	5.0
	0.50	1.00	0.83	0.33	14.75	10.00	4.50	14.75	12.17	6.00		54.0	135.0	3.1	4.5	10.0	3.1	3.7	7.5

【0 0 8 7】

以上、本発明を実施の形態を参照して説明してきたが、本発明は上記実施の形態に限定して解釈されるべきではなく、適宜変更・改良が可能であることはもちろんである。

【0 0 8 8】

【発明の効果】

以上のように本発明によれば、簡素な構造を有し、例えば加熱溶融した搬送物を非接触状態で保持しながら搬送できる搬送装置、搬送システム及び搬送方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施の形態にかかる搬送装置の断面図である。

【図 2】

本発明の実施の形態の変形例にかかる搬送装置の断面図である。

【図 3】

本発明の実施の形態の別な変形例にかかる搬送装置の断面図である。

【図 4】

プレス成形装置における素材の型周辺を、搬送装置と共に示す拡大断面図である。

【図 5】

第 2 の実施の形態にかかる搬送装置の断面図である。

【図 6】

図 5 の搬送装置を VI-VI 線で切断して矢印方向に見た図である。

【図 7】

本発明の実施の形態にかかる搬送システムを示す断面図である。

【図 8】

第 2 の実施の形態にかかる搬送システムを示す断面図である。

【図 9】

本発明者らの実験結果を示す図である。

【図 1 0】

本発明者らの実験結果を示す図である。

【図 1 1】

本発明者らの実験結果を示す図である。

【図 1 2】

従来技術の構成を示す図である。

【図 1 3】

従来技術の構成を示す図である。

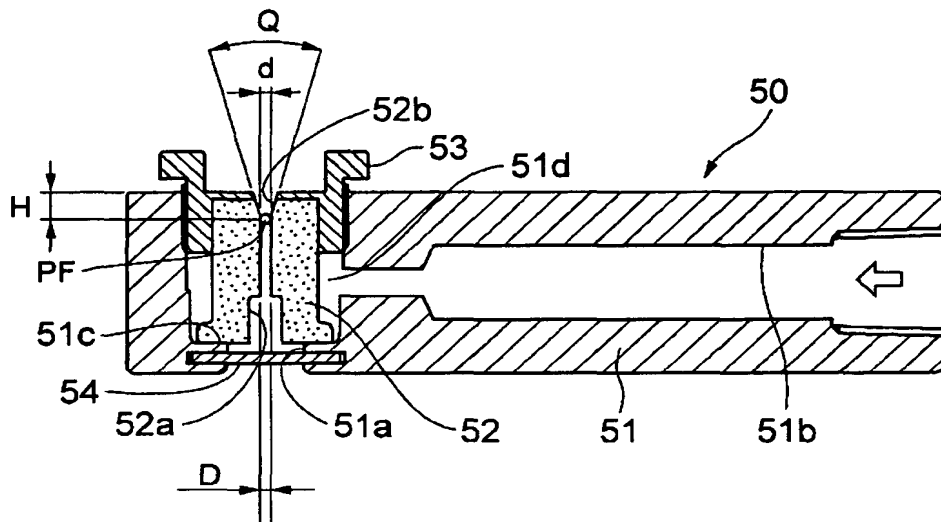
【符号の説明】

5 0, 1 5 0、1 5 0' 搬送装置

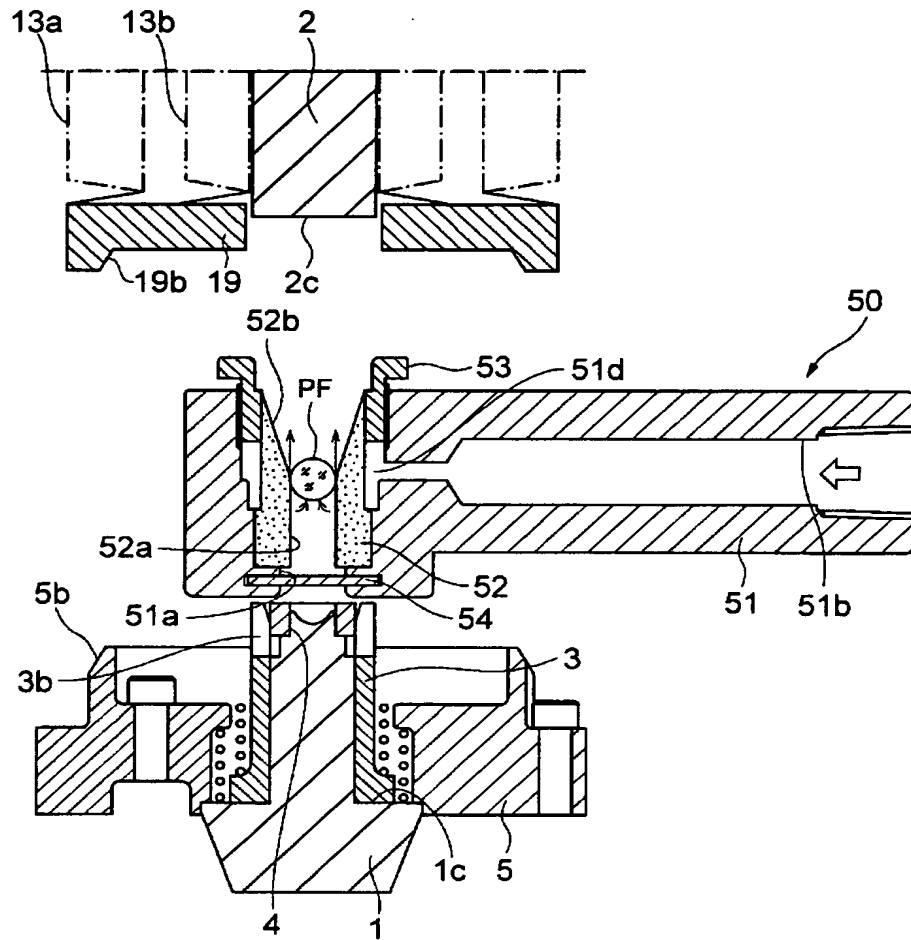
5 2, 1 5 2 保持円筒

5 4, 1 5 4 シャッタ部材

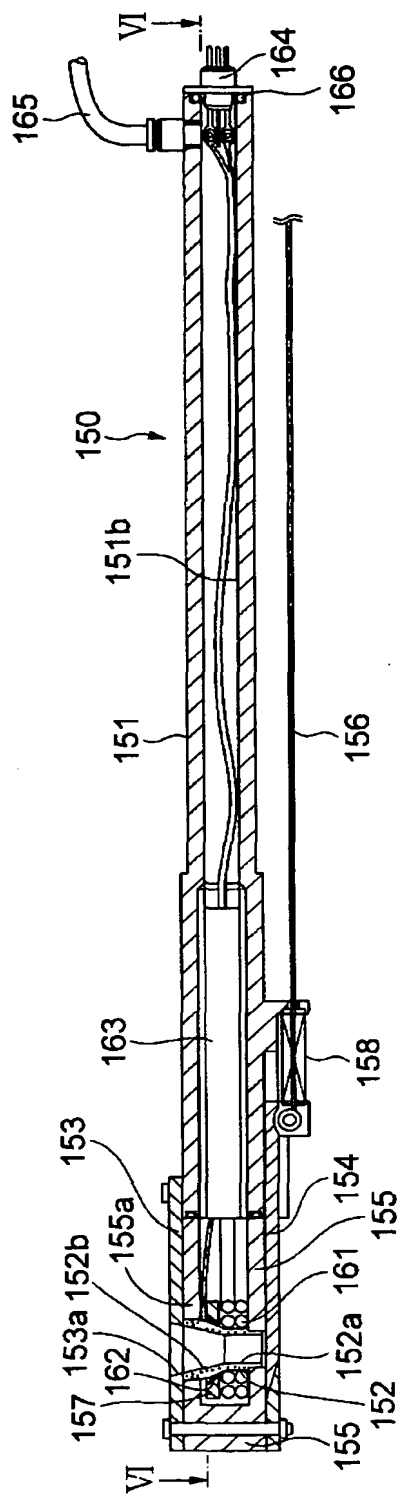
【図 3】



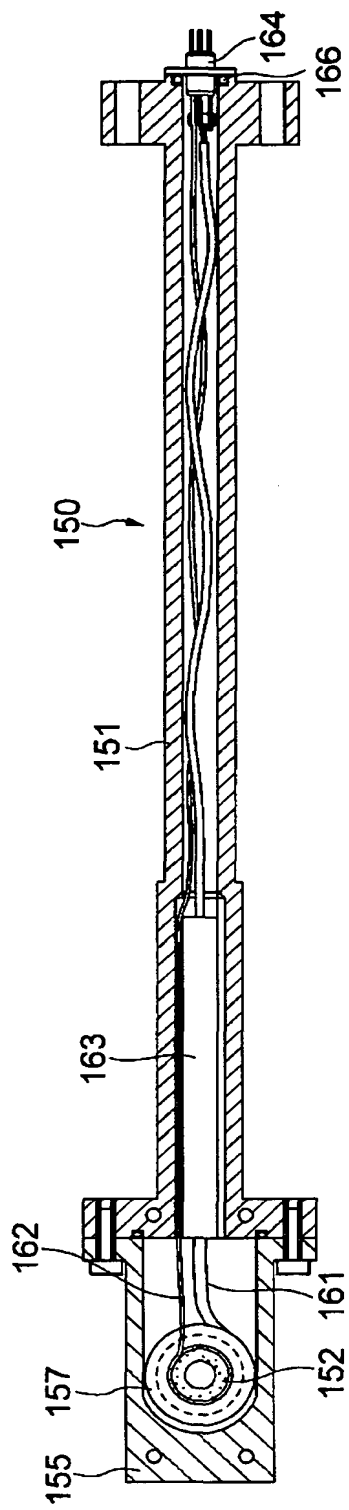
【図 4】



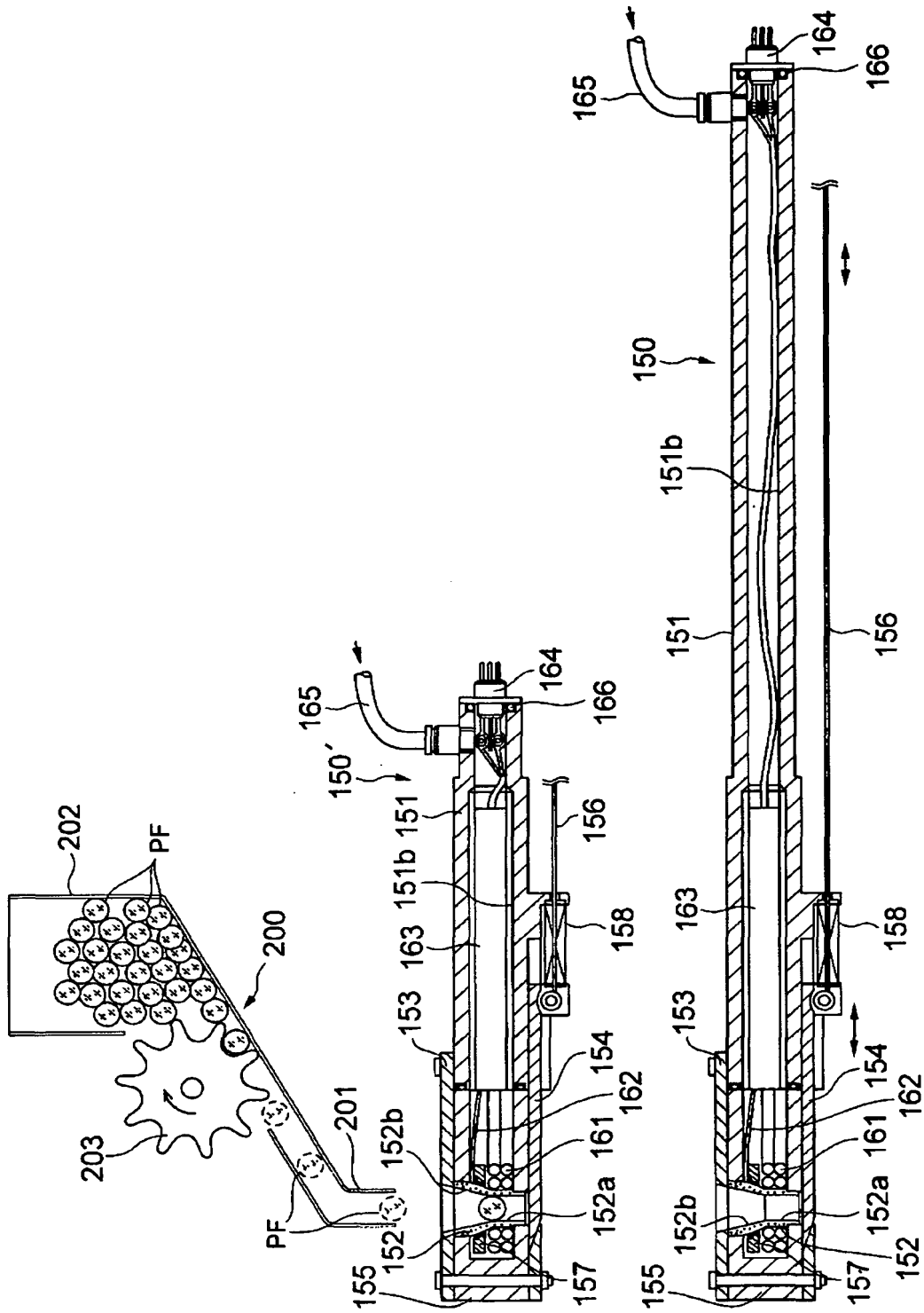
【図 5】



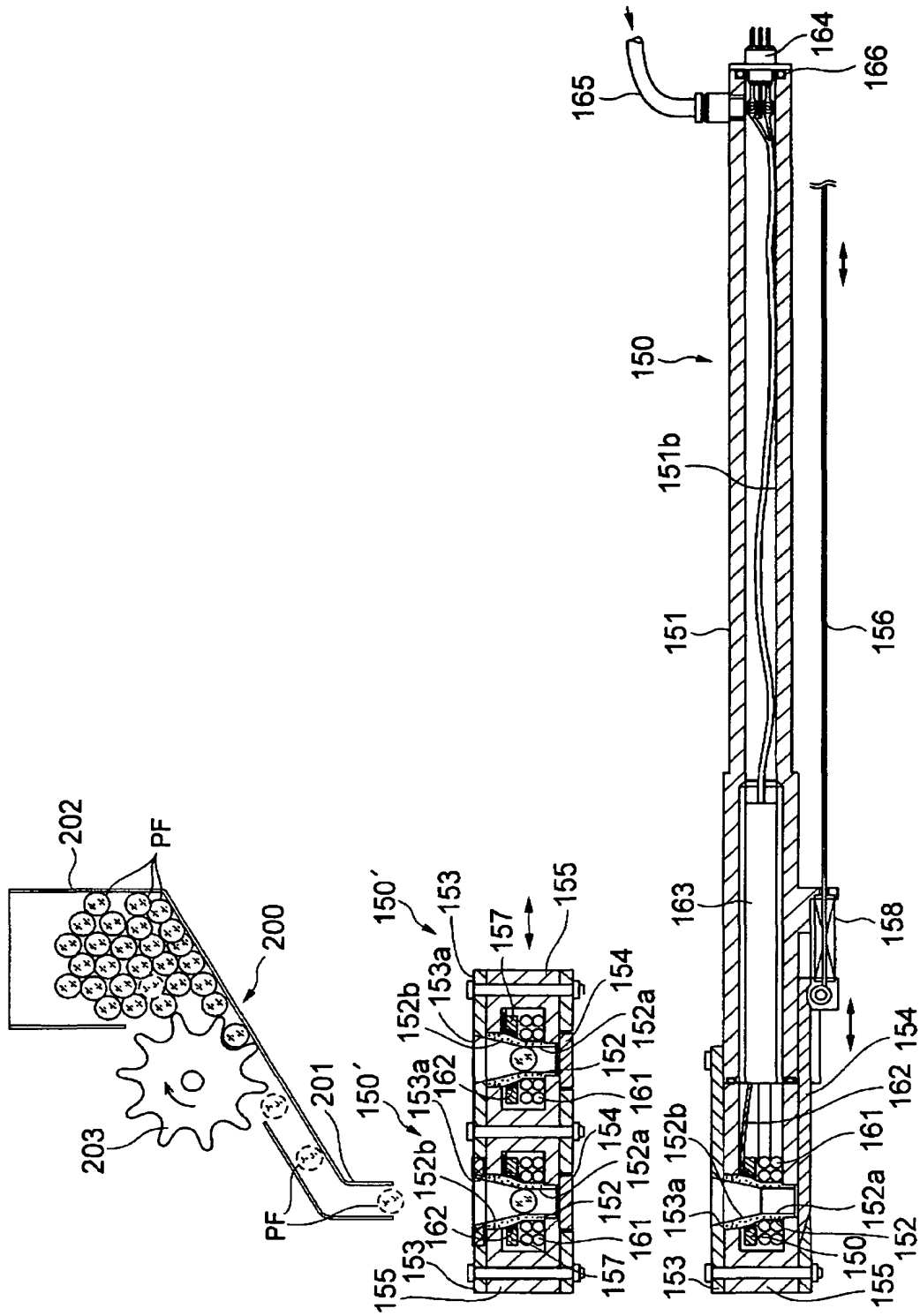
【図 6】



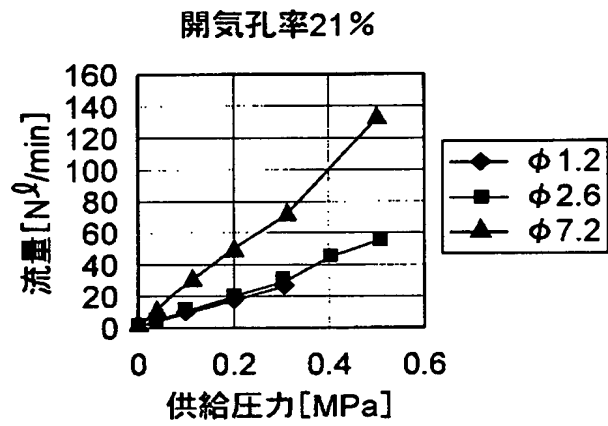
【図 7】



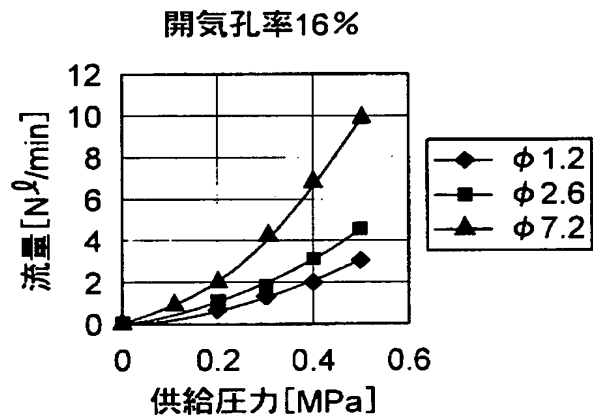
【図 8】



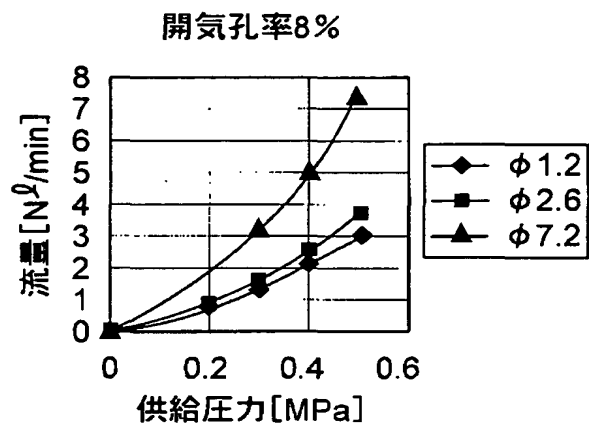
【図 9】



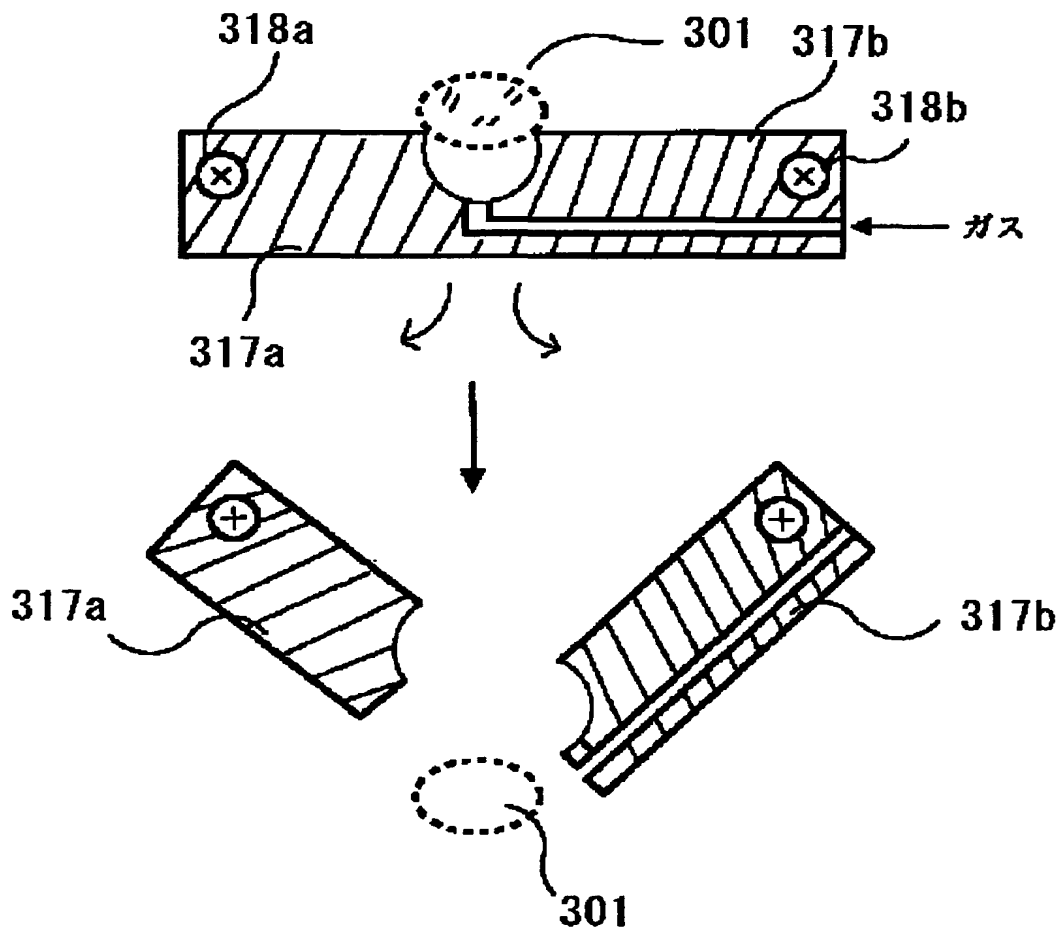
【図 10】



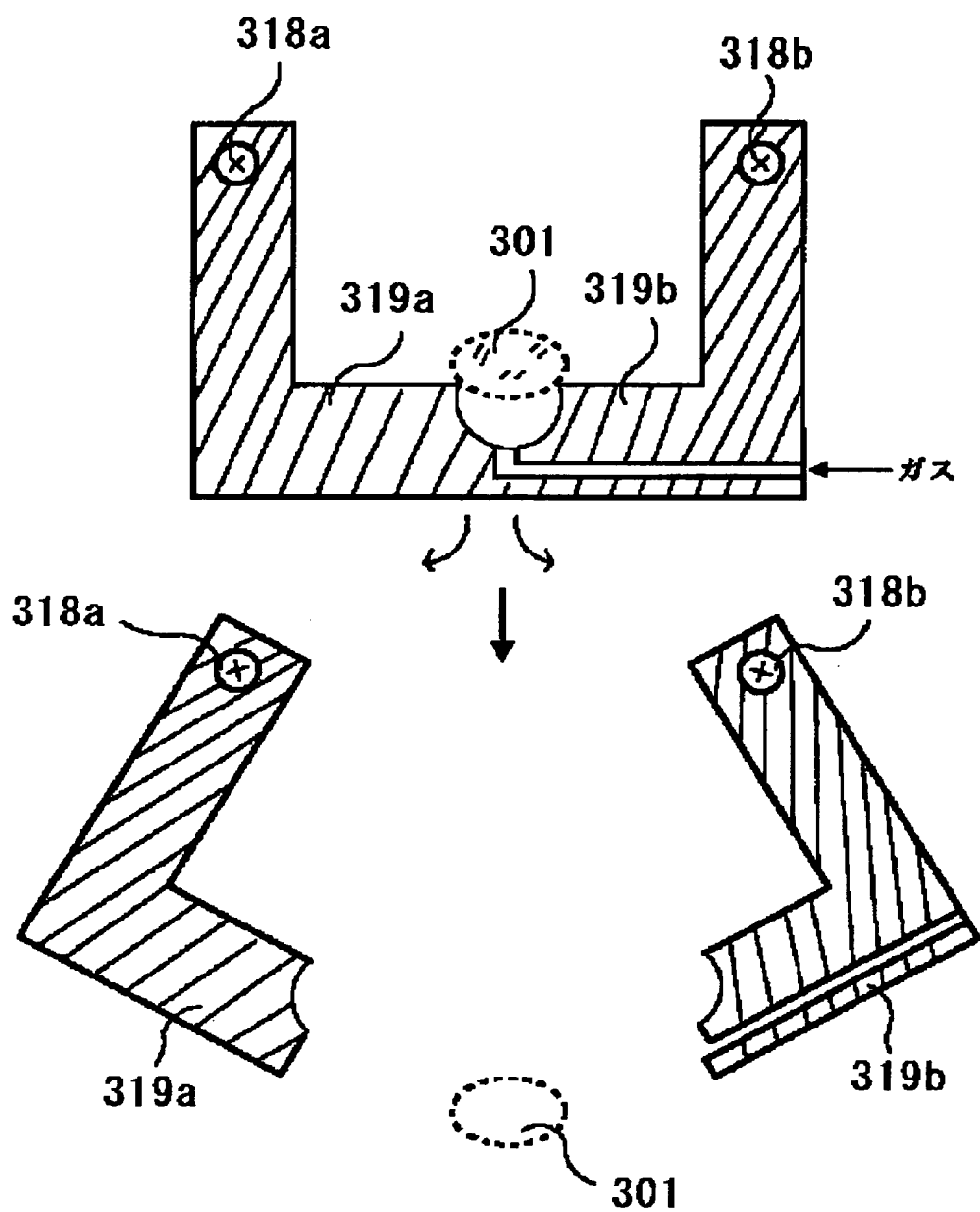
【図 1 1】



【図 1 2】



【図 13】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

簡素な構造を有し、例えば加熱溶融した搬送物を非接触状態で保持しながら搬送できる搬送装置、搬送システム及び搬送方法を提供する。

【解決手段】

保持円筒 5 2 によって、供給された流体により、加熱溶融されたプリフォーム P F を、重力に抗して非接触状態で保持することができ、しかも保持を中断することで、保持円筒 5 2 の下端からプリフォームを離脱させることができるため、簡素且つコンパクトな構成でありながら、狭い成形装置内へもプリフォームを搬送でき、かつ広い空間を必要とすることなく、成型型にプリフォームを容易に投入できる。

【選択図】 図 4



認定・付加情報

特許出願の番号	特願2002-209658
受付番号	50201055519
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0094
作成日	平成14年 7月19日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成14年 7月18日
-------	-------------

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001270]

1. 変更年月日	1990年 8月14日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都新宿区西新宿1丁目26番2号
氏 名	コニカ株式会社